

A SPIRULINA PLATENSIS PLANOCOCCUS-HALMAZAIRÓL ÉS MICROCYSTIS-JELLEGŰ ÁLLAPOTA KÉRDÉSÉRŐL.

Írta: KISS ISTVÁN

Egyes növényi mikroszervezetek egyedi életük során nagymérvű alaki és felépítettségbeli változásokon mehetnek keresztül. Ezért *a fajok és genusok reális jellemzése csak az egyedi fejlődés menet teljes feltárása alapján lehetséges*. Csakis így kerülhető el, hogy egyes fejlődési fázisokat, morfológiai állapotokat külön taxonómiai egységekként determináljunk. Ez a munka kétségtelenül hosszú időt igényel, s a termőhelyi vizsgálatokat olykor kísérleti megfigyelésekkel is ki kell egészíteni.

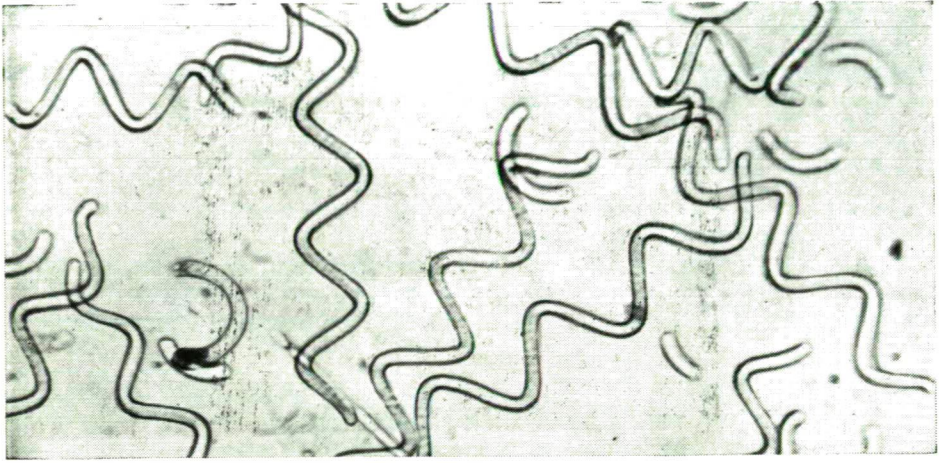
Az előbb elmondottak alátámasztására ma már jelentősnek mondható vizsgálati anyag áll rendelkezésemre. E vizsgálataimból a következőkben a *Spirulina platensis* trichomáinak nagyfokú feldarabolódásáról, s e szétválasztási folyamatok során planococcus-halmazok keletkezéséről, s feltételezhetőleg ezzel kapcsolatban *Microcystis*-jellegű telepek megjelenéséről számolok be.

E sajátosságos jelenséget első ízben 1942 nyarán észleltem. Adásztevel (Veszprém m.) határában egy *Cyanophyta*-vízvirágzásnak a *Spirulina platensis* tömegalkotója volt. Mellette még az *Aphanizomenon flos-aquae* var. *Klebahnii* és a *Microcystis aeruginosa* is gyakoriak voltak. E tömegprodukció hanyatló életszakában a *Spirulina platensis* trichómái feltűnő mértékben hormogóniumokra estek szét. A többnyire 8—10 sejtből álló hormogóniumok tovább darabolódtak, s végül is egyes lekerekedő sejteket, ún. planococcusokat hoztak létre. E planococcusok kisebb nagyobb halmazai nagyon hasonlítottak a *Microcystis* telepeire. *Olykor szinte el sem lehetett dönteni, hogy az 5—6 mikron átmérőjű gömbalakú sejtekből összeverődött halmazok a Spirulina planococcosaiból állanak-e, vagy pedig a Microcystis valódi telepei.* Feltűnő volt még, hogy ez a jelenség az *Aphanizomenon flos-aquae* var. *Klebahnii* trichomáinál is jelentkezett. Ez esetben azonban annyira ritka volt, hogy a planococcus-sejtek halmazokba való verődését nem lehetett megfigyelni.

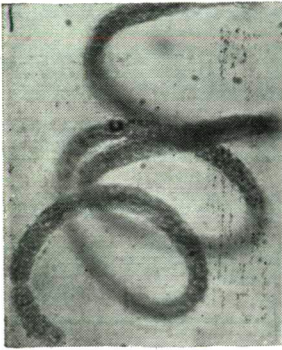
Az adászteveli tömegtenyészet az őszi folyamán eltűnt.

1948 nyaratól kezdve egy orosházi melegvízű tó vízvirágzásában folytattam vizsgálataimat. A tó vizét a Villamos Művek és a gőzmalom hűtőjében használják fel, ezért lassú mozgásban van. A hűtőből kivezető csatorna betorkolásánál a víz hőmérséklete 25—45 C° között ingadozik. Az év folyamán csaknem állandóan tartó vízvirágzás a tó vizének technikai felhasználását eléggé gátolja, a városból bekerülő

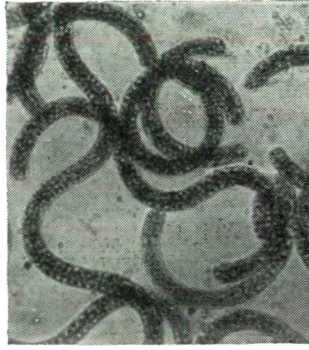
I. tábla



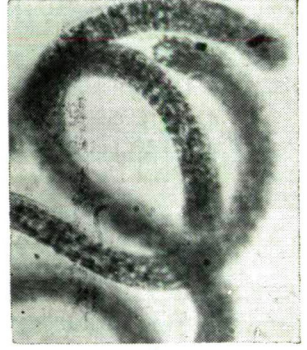
1



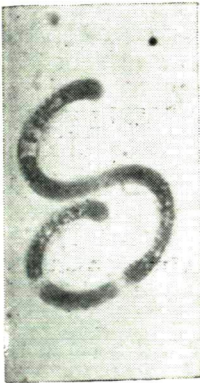
2



3



4



5



6



7

kevés szennyvíz miatt azonban kiküszöbölése nem lehetséges. A téli hónapokban a bioseston-színeződést az *Euglena*-félék (*Euglena viridis* és *E. oxyuris*), a nyári időszakban pedig *Cyanophytonok*, éspedig a *Spirulina platensis*, a *Microcystisek*, s igen szórványosan más szervezetek idézik elő. A vízvirágzás késő ősszel vagy tél elején, illetve tavasz elején szokott rövid ideig szünetelni.

E biotopban a *Spirulina platensis*t már 1936 augusztusában megtaláltam, a *Microcystis* azonban ekkor nem jelentkezett. 1948. július—augusztusában a víz állandóan kékeszöld bioseston-színeződést mutatott. A *Spirulina platensis* mellett a *Microcystis* is jelentős tömegalkotóként szerepelt. Ugyanez volt a helyzet 1949. július közepén is. Ekkor kezdtem el állandójellegű vizsgálataimat, havonkénti 1—2 mintavétel alapján.

Figyelmemet 1949 júliusában főként az a körülmény kötötte le, hogy a trichomák minden esetben gázvakuolomokkal voltak telítettek. Ez ugyanis a *Spirulina* esetében olyan bélyeg, amelyről az irodalomban eddig nem találtam utalást [1, 2, 5]. A GOMONT és RICH nyomán közölt rajzok pseudovacuolum nélküli trichomákat ábrázolnak. Ezzel szemben szeptemberben már pseudovacuolum-nélküli trichomák is gyakoriak voltak. Nyilvánvalóvá vált, hogy a gázvakuolumok megléte vagy hiánya nem lehet taxonómiai figyelembevehető sajátság.

Vizsgálataimról két fejezetben számolok be. Az első fejezetben a *Spirulina platensis* morfológiai viszonyait, a hormogóniumokra és planococcusokra való szétesés formáit és körülményeit, majd a széteséssel kapcsolatban végzett kísérleteimet ismertetem. A második fejezetben a *Microcystis* fajok biológiai realitásával foglalkozom. Ennek során a *Microcystis*-jellegű telepformálódás olyan esetleit mutatom be, amelyek a *Spirulina* planococcusainak halmozódásai és a *Microcystisek* között állanak, s a *Spirulina*-val való kapcsolatot engedik feltételezni. A nyolc esztendőn keresztül végzett folyamatos vizsgálataim során nagyszámú mikrofelvételt készítettem. Következtetéseimet mindig ezek tényanyagára alapozom.

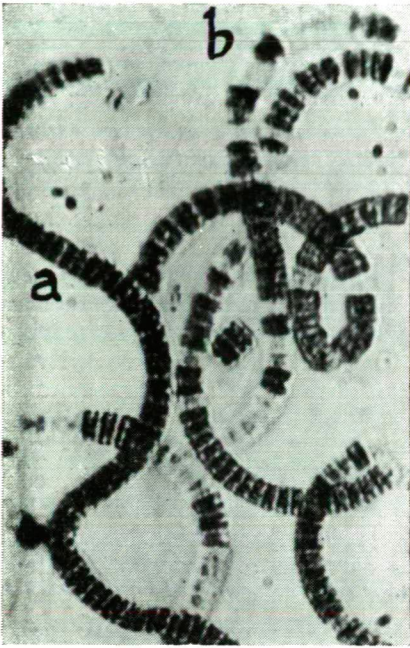
I. A *spirulina platensis* jellemzése és a trichomák szétesésének vizsgálata

A *Spirulina platensis* eléggé elterjedt és polymorph faj. Mind a trópusi, mind a mérsékelt égövben előfordul. RICH Kelet-Afrikából nagymérvű polymorfizmusát írja le. Olyan formákat is talált, amelyeknél a spirálmenet átmérője a trichoma két vége felé egyenletesen csökken. RICH ezeket is a *Spirulina platensis* keretébe sorolja, de megjegyzi, hogy egyetlen egyed vizsgálata alapján ezeket az objektumokat új taxonómiai egységekként lehetne leírni. VORONIN [6] a Kaukázuson túli területekről a Gomont által leírt egyenletes spirálátmérőjű formákat említi.

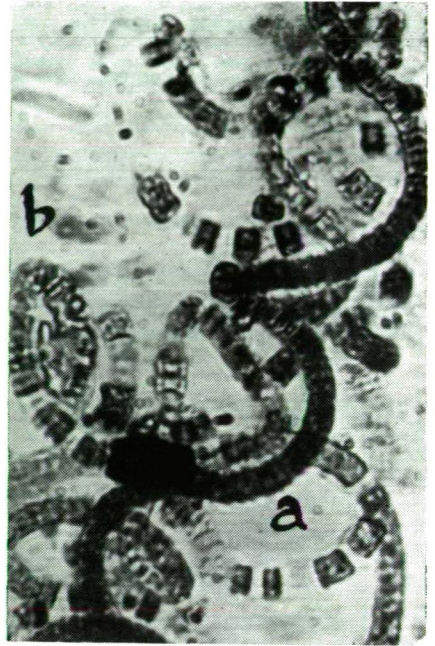
Az általam vizsgált egyedek csavarmenetátmérője ugyancsak egyenletes volt. A kékeszöld trichomák 6—8 mikron szélesek és többnyire egyenletes menetemelkedésű csavarmenetet alkotnak. A spirák átmérője 30—40, menetmagassága 40—50 mikron. A trichomákban a csavarmenetek száma

I. Tábla

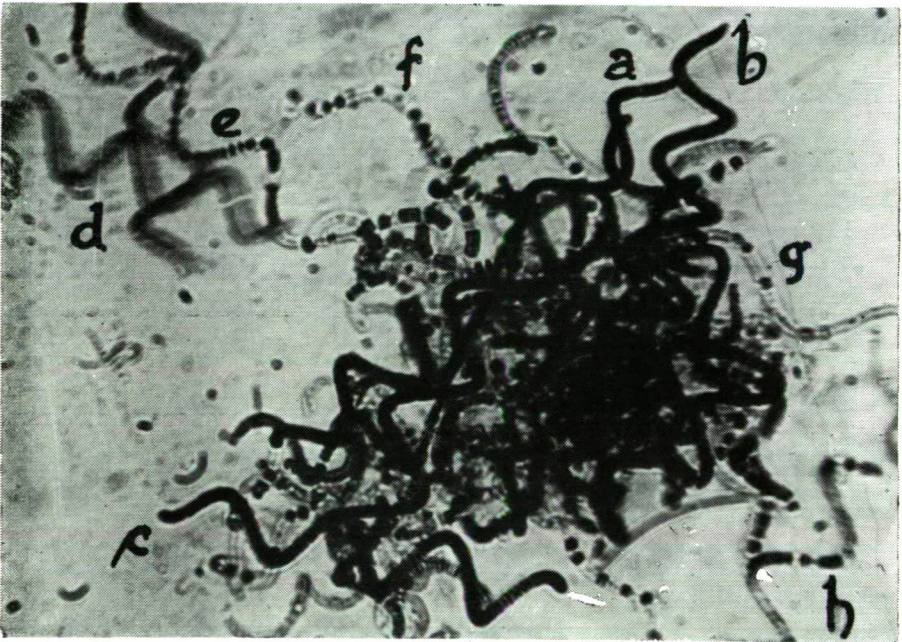
1. A *Spirulina platensis* gázvakuolum-nélküli egyedei tavaszi anyagból. 280 : 1.
- 2—4. A *Spirulina platensis* gázvakuolumos egyedei nyári anyagból. 2 = 360 : 1
3 = 300 : 1, 4 = 600 : 1.
5. Hormogóniumképzés egy-egy sejt kipusztulásával 300 : 1.
6. Pusztuló trichoma egyenlőtlen élettani állapotban levő szakaszokkal. 700 : 1.
7. Hormogónium-képzés sejttal mentén való elválással. 300 : 1.



8



9



10

változó, leggyakrabban 3—5. Azt a tapasztalatot, hogy a lúgos vizekben inkább a rövidebb trichomák fejlődnek ki, magam is megerősíthetem, mert a vizsgált víz pH-ja 8—8,5 között ingadozott. A sejtek valamivel rövidebbek a szélességi méretnél, s a harántfalaknál csak gyenge befűződésük észlelhető.

A gázvakuólumok előfordulása tekintetében ugyancsak nagy változást tapasztaltam. Az eddigiek szerint úgy látom, hogy a *vakuolizáltság, a hormogóniumokra való feldarabolódási tendencia, valamint az öregedés valamilyen kapcsolatban lehetnek egymással*. Az 1. sz. mikrofénykép 1950 májusában vett próba biosestonjából való. Ez évben a *Spirulina* tömeges megjelenése április végén volt észlelhető, tehát a trichomák még viszonylag fiatalok. Látható, hogy a gázvakuólumok még nem jelentek meg, s a trichomák sem mutatnak hajlandóságot a homogónium-képzésre. A sejtek harántfalai, valamint a plazma finom granulumai jól észlelhetők. *A teljesen vakuolizálatlan formák csak a tavaszi biosestonban fordultak elő, nyáron hiányoztak, s csak az őszi folyamán léptek fel ismét kisebb számban. Nyáron a gázvakuólumos formák voltak általánosak.* A 2. képen szabálytalan csavarulatú, illetve egyenlőtlen menetemelkedésű trichoma látható. A gázvakuólumok még fejletlenek, s még a trichoma sem darabolódott fel. Csupán az alsó végén kezd leválni egy hormogónium. A 3. mikrofelvétel teljesen vakuolizált trichomákról készült. A trichomák öregebbek, s ennek megfelelően a hormogóniumokra való töredezésük is jelentős. A 4. mikrofelvétel hasonló állapotot mutat be erősebb nagyításban. A vakuolizáltság helyenként összefüggő labirintus-rendszernek tűnik.

Általában tapasztaltam, hogy *a trichomákban az egyes sejtcsoportok nem egyenlő értékűek, illetve különböző élettani állapotban vannak*. Pl. a 6. mikrofelvételen látható pusztuló trichoma sötétebb szakaszain a plazma granulumos testecskékre esik szét. A világosabb szakaszokon a vakuolizáltság vagy ki sem fejlődött, vagy pedig eltűnik. Ez utóbbi helyeken a sejtek anyaga teljesen egybefolyt homogén tömegnek látszik. Az ilyen elválások különösen lévegőtlen környezetben jelennek meg.

A trichomák szétesésének négy esetét lehet megkülönböztetni: 1. Kitartósejtképzés, 2. hormogóniumokra való feldarabolódás, 3. planococcusok képződése, 4. a trichomák és sejtek hyperfragmentációs jellegű szétesése 1—2 mikronos testecskékre.

1. *Kitartósejtképzés.* Ez a folyamat nem a propagatív szaporodást, hanem a faj fennmaradását biztosítja kedvezőtlen viszonyok között. Morfológiailag többnyire jellemző, hogy a kitartósejtképzést nagymérvű sejtosztódás előzi meg, aminek következtében a trichomát rövid sejtek alkotják. A II. tábla 8—9. mikrofelvételein a fokozott mértékű harántosztódás jól látható. Többnyire jellemzőnek mondható az is, hogy az egyes trichomák között a szétesés gyorsasága tekintetében jelentős különbség van. Mindkét felvételen jól megfigyelhető, hogy egyes trichomák még teljesen épek (a-a), mások pedig már a szétesés előrehaladott állapotában vannak (b-b). Az is többnyire jellemző, hogy az egyszer meginduló szétesés a tri-

II. Tábla

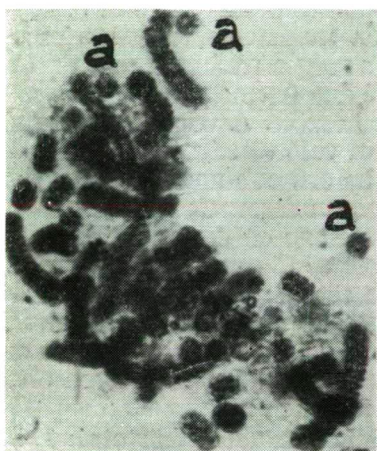
- 8—9. Kitartósejtek képzése. a = ép, b = szétesett trichomák, 600 : 1.
10. Endogén planococcus-képzés. a—d = ép trichomák, e—h = széteső trichomák.
220 : 1.



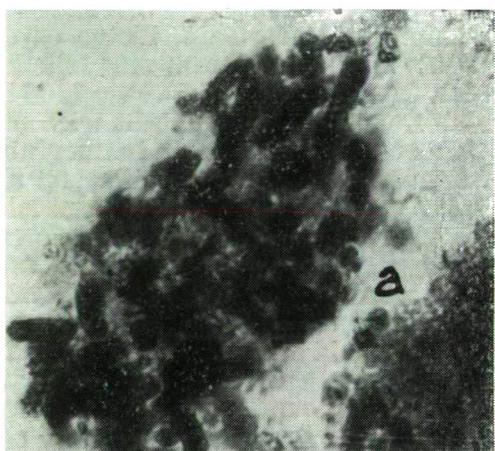
11



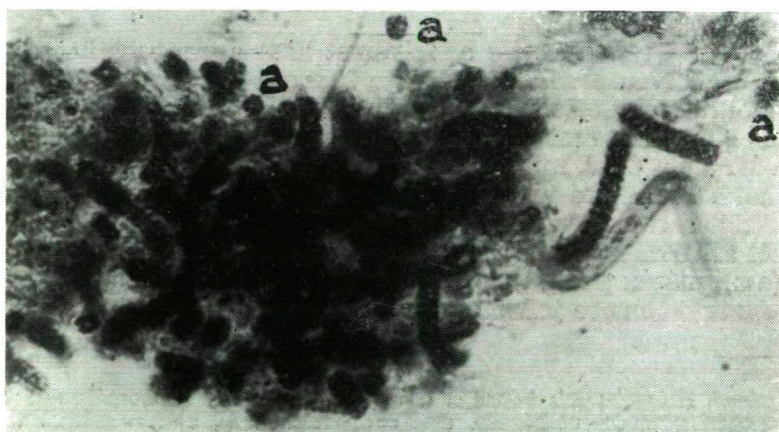
12



13



14



15

choma teljes egészére vonatkozik. Mindez arra enged következtetni, hogy a trichomák egymás között nem egyenlő értékűek, illetve *különböző élet-tani állapotban* vannak. A rövid hasábalakú tartósejtek nem gömbölyöd-nék le.

A kitartósejtek képzésénél még jellemzőbbek a *színbeli* változások. A trichomák rövid idő alatt elveszítik eredeti kékeszöld színüket, s a szét-esés előrehaladásával lépést tartva sárgás, majd vörösréz, később pedig fénylő bronzszínűkké válnak. Mindez azt jelenti, hogy a klorofill eltűnése után a *karotinoidok* helyben maradnak, s a tartalékanyagok felhalmozó-dása következtében a plazma fénytörése is emelkedik. A tartalékanyagok a sejtek fajsúlyát jelentősen növelik, miért is azok a trichomából kikerülve a mélybe süllyednek. Ezért nem láthatók pl. a mikrofelveleken sem sza-bad kitartósejtek.

2. *Hormogóniumok képzése.* Leggyakoribb módja az, hogy a trichoma valamely sejt harántfala mentén darabokra tagolódik. E jelenség az I. tábla 7. mikrofelvételén jól látható. A másik, ritkábban észlelhető mód az, hogy a feldarabolódás egyes helyeken a sejtek pusztulása révén következik be. Az 5. mikrofénykép szemléltet egy ilyen esetet. Itt a trichoma 3 sejt »ki-esése« révén négy hormogóniumra tagolódik.

A hormogóniumok jellemző vonásának szokás tekinteni az aktív mozgásra való képességet. A közlések szerint a mozgás mindig a hossztengety irányában megy végbe, s vagy egyszerű előrecsúszás, vagy pedig a hossztengety körüli rotációval is kapcsolatos. A mozgás mechanizmusa még nem tisztázódott. A régebbi felfogással szemben, amely nyálkaanyag duzzadási energiáját tekinti a mozgás létesítőjének, *Schmidt* ritmikusan lefutó hosszanti kontrakciós hullámokat tételez fel. Magam a hormogóniumok mozgását a *Spirulina platensis*-nél eddig még nem észleltem. Az *Oscillatoria*k hormogóniumai gyakran igen élénk mozgást mutatnak, ugyanakkor a *Spirulina*-hormogóniumok mozdulatlanok, s még a fény- vagy hőinger változásaira sem reagálnak. A hormogóniumok a szaporodás képletei, s a *Spirulina* esetében rend-szerint a sejtek vakuolizálódása nyomában jelentkeznek.

3. *A trichomák planococcus-sejtekre történő szétesése.* A planococcus-sok a *Chroococcales* és *Hormogonales* fajoknál a telepekből, illetve a tri-chomákból leváló, aktív mozgási képességgel rendelkező sejtek. A hormo-góniumokhoz hasonlóan a propagatio képletei, *lényegében tehát egysejtű hormogóniumok.* A *Spirulina* planococcusainak mozgását csak ritka eset-ben lehetett észlelni.

A termőhelyi megfigyelések és kísérletes vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a *Spirulina platensis*-nél a planococcusok képződését a környezet kedvezőtlen-sége, a levegőtlen-ség és az anyagcseretermékek felhalmozódása idézi elő. Különösen az anyagcseretermékek felhalmozó-dása lehet jelentős. Erre mutat az a körülmény, hogy természetes viszonyok között a tömeges planococcus-képzés mindig a szorosan összetömörült, azaz *tespedésre* kényszerült trichomáknál jelentkezik. A 10. mikrofelve-telen termőhelyi mintán látható, hogy a trichomák összetömörülése egy-másra keresztben rácsszerűen történik.

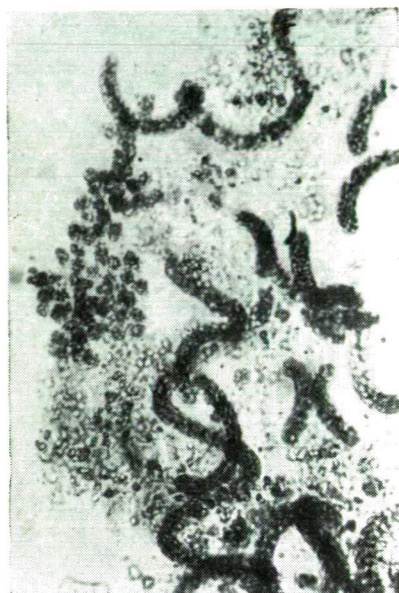
A trichomáknak gömbalakú sejtekre történő szétesése bizonyára hasz-nos folyamat, mert a plazmafelület növekedése révén az anyagcseretermé-

III. Tábla

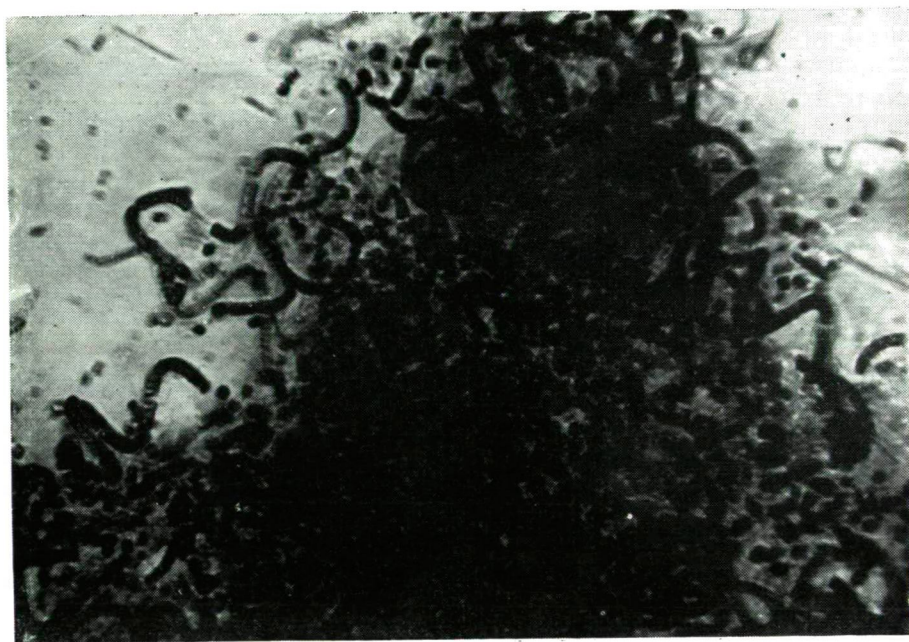
- 11—12. Exogén planococcus-képzés termőhelyen. 11. = 480 : 1, 12. = 960 : 1.
13—15. Exogén planococcus-képzés laboratóriumban (1. sz. kísérlet). 480 : 1.



16



17



18

kek leadása, illetve az aeráció könnyebbé válik. Ezt a feltételezést kísérleti adatok is támogatják. Ebben az esetben a planococcus-képzés nem direkt propagációs folyamat, hanem a kedvezőtlen körülmények között olyan állapotba való átmenet, amelyben a szervezet még existálni tud. A trichomák planococcusokra történő szétesése endogén vagy exogén módon megy végbe.

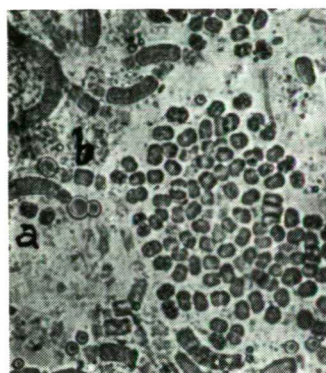
a) Az endogén planococcus-képzésnél — mint a II. tábla 10. mikrofelvételén látható — a legömbölyödött sejtek a trichomák belsejében helyezkednek. Kikerülésük után a trichoma nyálkás burka visszamarad. A trichomák eltérő élettani állapota — a kitartósejteknel már tapasztaltakhoz hasonlóan — itt is jól megfigyelhető. A 10. képen ábrázolt halmazban egyes trichomák még teljesen épek (a-b-c-d), mások viszont teljes egészükben gömbalakú sejtekre estek szét (e-f-g-h).

b) Az exogén planococcus-képzés esetében a trichomák a harántfalak mentén sejtekre darabolódnak, s a szétváló sejtek eközben fokozatosan legömbölyödnek. Ez a leggyakoribb szétesési mód (III—IV. tábla 11—18. képek.). A III—IV. tábla mikrofelvelelein is látható, hogy a szétesés szintén kisebb-nagyobb csoportokba tömörült trichomáknál következik be. Mivel pedig a meglevő vagy közben még tovább képződő nyálka a szétesés termékeit eléggé összetartja, a planococcusok már rendszerint telepszerű halmazokba rendeződve jönnek létre. A III. tábla 11. mikrofelvételén egy széteső halmazból kipreparált különböző nagyságú trichomadarabok láthatók. A kép felső széle jobboldalán két trichoma sejtjei a harántfalak mentén szétválni kezdenek. A két trichoma között egy gömbalakú planococcus látható. A kép alsó szélénél jobboldali csoportját a 12. mikrofelvétel mutatja erősebb nagyításban. Az a-trichomadarab háromsejtes, sejtjei a szétválás kezdetét mutatják. A kétsejtes b-trichoma alatt egy ugyancsak legömbölyödött planococcus-sejt látható. A 13—15. képek kisebb hormogóniumhalmazokat szemléltetnek, amelyek a gázvakuolumos trichomákból laboratóriumi körülmények között képződtek. Mindegyiknél több szabályos planococcus sejt látható (a-a). A IV. tábla 16—18. mikrofelvelelei a termőhelyen széteső trichomadarabokat mutatnak be. A 16. képen is látható, hogy a trichomák keresztben összeakadva halmazódtak. A széteső hormogóniumok között még csaknem ép trichomák is előfordulnak (eltérő élettani állapot). A 17. kép szerint mind a trichomadarabok, mind pedig a már kialakult planococcusok a teljes szétesés jeleit mutatják. Az »a« jelzésű hormogóniumban az endogén planococcus-képződés kezdete rögzített. A 18. sz. mikrofényképen a széteső trichomák kaotikus, viszonylag hatalmas halmaza látható. Az ilyenekből a planococcusok nagy »telepei« képződnek.

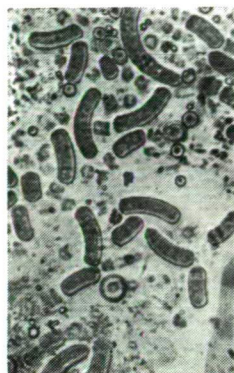
4. A trichomák és sejtek hyperfragmentációs-jellegű szétesése. A trichomák sejtjei, vagy a már különvált planococcus sejtek nagyszámú, 1—2 mikronos, gömb- vagy tojásalakú, a sejtek plazmájánál rendszerint valamivel nagyobb fénytörésű részecskékre bomlanak. Ez a folyamat nagyon emlékeztet arra a jelenségre, amelyet több növényi mikroszervezetenél (*Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Chlamydomonas*, *Kirchneriella*) hyper-

IV. Tábla

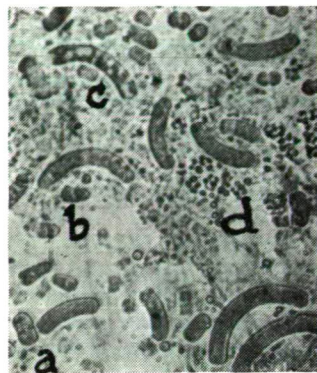
16—18. Exogén planococcus-képzés termőhelyen 16. = 220 : 1, 17. = 300 : 1, 18. = 220 : 1.



19



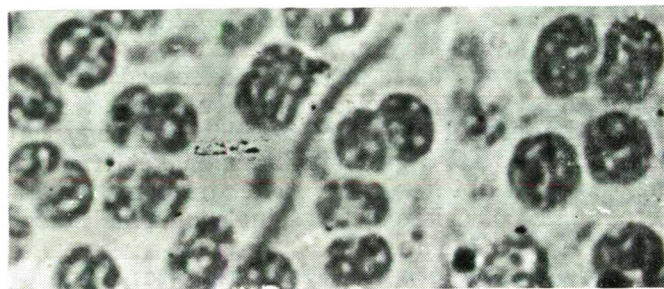
20



21



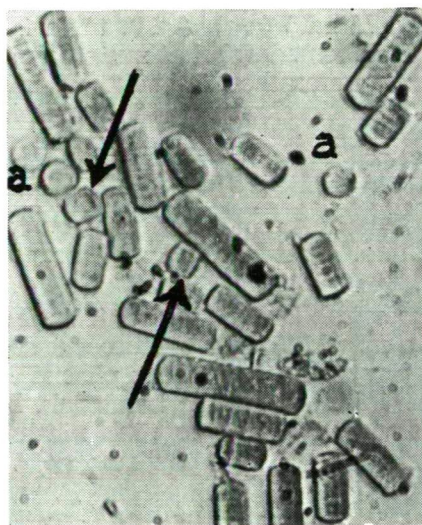
22



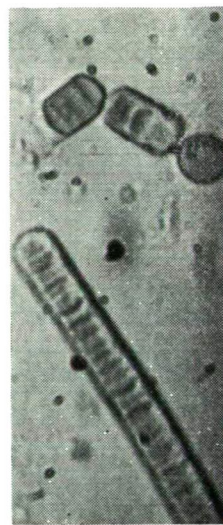
23



24



25



26

fragmentáció néven írtam le. A sejtszerkezt teljes szétesésének oka valószínűleg az anyagcseretermékek nagymérvű felhalmozódása. Bár e részecskék beható cytológiai és hisztokémiai vizsgálata még hátra van, annyit mégis mondhatunk, hogy a hyperfragmentumokkal nem teljesen azonosak. Szaporodásukat ugyanis mindezekig nem sikerült észlelnünk, s tenyésztésük sem vált lehetővé. E jelenség bizonyos mértékben a *Microcystis*-nél észlelhető *nannocyta-képzés*hez is hasonlít. A kérdés még további vizsgálatokat igényel. A VI. tábla 30. mikrofelvételén a planococcusok és trichomadarabok szétesésének kezdeti állapota látható. A 32. kép viszont a szétesés befejezettségét szemlélteti. A halmaz belsejében még egy szét-esett trichomadarab körvonalai is felismerhetők.

Kísérleti vizsgálatok. Experimentációs vizsgálataimnak kettős célja volt: a) a *Spirulina platensis* mesterséges feltételek között való tenyésztése, b) a trichomák szétesésének vizsgálata és fényképezése laboratóriumi körülmények között.

a) A *Spirulina* tenyésztése nem járt sikerrel. A *Cyanophytonok* a mesterséges táptalajon való tenyésztésre nagyon különbözőképpen reagálnak. Vannak fajok, különösen az *Oscillatoria*ák között, amelyek mind a folyékony, mind a szilárd táptalajon igen jól tenyésznek, akár nitrátot, akár ammóniumsót használunk is fel nitrogénforrásul. Ezek a szervezetek a természetben is igen elterjedtek, mert tenyészésükhöz és tömeges elszaporodásukhoz különleges feltételeket nem igényelnek. Ezzel szemben a *Spirulina* nagyon igényeseknek mutatkoznak. *Közönséges feltételek között sem folyékony, sem szilárd táptalajon nem sikerült őket szaporodásra bírni.* Tenyészoldatként kipróbáltam a Knop-féle oldatot 1/20—1/100-os hígításokban, a még kisebb koncentrációjú Algéus-féle oldatot, valamint a GEITLER által ajánlott Benecke-féle oldatot többféle hígításban is. Kétségtelen, hogy a trichomák hosszú ideig életképesek maradtak, azonban jelentősebb növekedést vagy valamiféle szaporodást nem lehetett náluk észlelni. Szilárd táptalajon a trichomák alakja erősen deformálódik, a spirálmenetek egy síkba helyeződnek, vagyis a trichomák az ágár-kocsonya felületén terülnek ki. Ilyen állapotban hosszú ideig életképesek maradnak. Gyakran endogén hormogónium- illetve planococcus-képződést lehet észlelni. Ez utóbbi képletek azonban nem képesek spirális trichomák létrehozására folyadékos tenyészetekben sem. Növekedésüket sem lehetett megállapítani. A *Spirulina*-alkat kialakulása tehát bizonyára különleges ökológiai feltételekhez kötött. Nálunk ezért ritka lehet. Eddigi tápasztalaim szerint a lassan áramló melegebb vizeket kedveli.

A *Spirulina* esetében élesen megmutatkozott, hogy a mesterséges táptalajon való tenyésztés nála a környezetből való teljes kiszakítást eredményezi, ami a fejlődés megakadásával jár. A mesterséges táptalajon való tenyésztés sok esetben — elsősorban az autotroph mikroszervezetek körében — azt jelenti, hogy a szervezetet elválasztjuk azon feltételektől, amelyek

V. Tábla

19—22. Hormogóniumok feldarabolódása planococcus-sejteké, kimélyített tárgylemez-tenyészetben (3. sz. kísérlet). 300 : 1.

23. Oszródásban levő planococcus sejtek (3. sz. kísérlet). 1200 : 1.

24—26. Az *Oscillatoria tenuis* hormogóniumokra és planococcus-sejtekre való feldarabolódása. a = planococcusok. 700 : 1.

között kialakult, vagy amelyekhez életfolyamataiban már alkalmazkodott. Könnyen tenyészteni csak a jól alkalmazkodó mikroszervezeteket lehet, amelyeknél a további fejlődés nem feltétlenül függvénye a régebbi kialakító környezetnek.

b) A trichomák szétesésének laboratóriumi vizsgálata eredménnyel végződött. A szétesés morfológiai és fiziológiai problémájához közelebb jutni annyit jelent, mint a természetes folyamatot laboratóriumi körülmények között is utánozni. Az előbbiekből láttuk, hogy a trichomák a mesterséges tápoldatokba való átolások során maradnak meg legtovább eredeti állapotukban, vagyis a mesterséges táptalajokon való tenyésztés nem is alkalmas a szétesés morfológiai tanulmányozására. Ez esetben is a természetes környezetből kell kiindulnunk, s azt utánoznunk.

Több ízben tapasztaltam, hogy a Villamos Művektől kiáramló meleg vízben csak *Spirulinák* fordultak elő, s a *Microcystis*-jellegű telepek csak a víztér távolabbi részeiben tűntek fel tömegesebben. Ez utóbbi helyeken a bioseston erősen összetömörült, s a viszonyok kedvezőtlené válása a szétesést megindította. Gondosan ügyelni kellett arra, hogy a felhasználásra kerülő biosestonban *Microcystis*ek, illetve *Microcystis*-jellegű telepek, sejtalmazok ne legyenek. Ezért elsősorban a meleg vízből vettem a kísérletekre szánt próbákat. Az anyagot szűréssel és centrifugálással próbáltam mentesíteni a hormogóniumoktól és planococcusoktól. Az anyagból ezután igen híg plankton-suspensiót készítettem, s ebből preparálómikroszkóp alatt mikropipetta segítségével válogattam ki a leghosszabb trichomákat. Tenyészközegeként az előbbiekből említett tápoldatokat, valamint a G—3 és G—4 jelzésű szűrőkön átszűrt termőhelyi vizet alkalmaztam. A kísérletek rövid leírása a következő:

1. *Levegőtől való elzárás üvegcsövekben.* A megtöltött és lezárt próbacsövekben a gázvakuulos trichomák hamarosan a felszínen helyezkedtek el. E felületi réteg hetek múlva sárgás árnyalatúvá vált, majd egyenmő, kenőcsszerű sárgászöld tömeggé változott. A kezdetben csak trichomákból álló anyag teljesen hormogóniumokra vagy planococcusokra darabolódott fel, sőt egyes trichomák és hormogóniumok közvetlenül hyperfragmentum-szerű részecskékre estek szét.

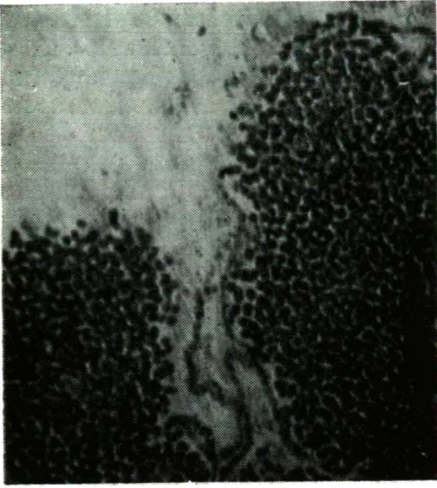
2. *Levegős tenyészfolyadékban való tartás.* Már említettem, hogy a levegős mesterséges tápoldatokban a trichomák feldarabolódása nem, vagy csak igen kis mértékben következik be. Ez utóbbi csak abban az esetben, ha szűk térre nagyobb mennyiségű anyag kerül. Hogy a trichomák feldarabolását elsősorban a levegőzés hiánya és az anyagcseretermékek felhalmozódása idézi elő, bizonyítja az is, hogy a sejtekre vagy hormogóniumokra szétesett tömeg további nagyobb mérvű szétesése megáll, ha levegős tenyészfolyadékba tesszük át.

3. *Kimélyített tárgylemez-preparátumokon végzett vizsgálatok.* A kísérleti tények mikroszkópi fényképezése céljából a tárgylemez vájatába csak annyi tenyészanyagot tettem, hogy a fedőlemez ráhelyezése után a mélyedés közepén még egy kis légtér is maradjon. A fedőlemezt parafinnal zártam el, s ez utóbbinak a szegélyét még parafinolajjal vontam be. Ilyen körülmények között a trichomák lassú feldarabolódása következett, s közben a szétesés folyamatáról mikroszkópi fényképfelvételeket lehetett készíteni. A szétesés különösen akkor volt jól nyomonkövethető, ha a

preparátumhoz a szétesés kezdetét mutató anyagot alkalmaztam. Az V. tábla 19. mikrofelvételén az »a« jelzés feletti két sejt valóban egysejtű hormogónium, mert a valamikori trichoma-sejtek oldali és harántfalai még nem kerekedtek egybe, azaz a sejtek még kissé »sarkosak«. A »b« jelzés alatt lévő sejt még bizonyos mértékig szögletes, tehát hormogónium-jellegű, de máris osztódásban van, s a sarkok gyenge lekerekedésével kezd típusos planococcus-sejtté alakulni. Még korábbi fázist mutat a »b« jelzés feletti sejt. Ez még határozottan hormogónium jellegű. Felette néhány sejtes hormogóniumok helyezkednek el. A kép közepén és jobboldalán már lekerekedett vagy csaknem teljesen lekerekedett sejtek halmaza látható. Legtöbbjük előrehaladott osztódásban van. Ezek az osztódó *planococcusok* már szinte csalódásig hasonlítanak a *Microcystis* osztódó sejtjeire. Ha keletkezésük körülményeit nem ismernők, vagy ha ezt a halmazt a környezetéből kiizolálva kellene determinálni, úgy *Microcystis*-telepnek minősülhetne. A 20. mikrofelvételén különböző hosszúságú hormogóniumok között néhány legömbölyödőben lévő planococcus is található. A 21. kép »a« jelzése felett kétsejtű hormogónium helyezkedik el. Sarkai már lekerekedtek, s kettéválni készül. A »b« jelzés felett hasonló folyamat látható, csupán a jobboldali sejt keskenyebb — nyilván a trichoma végső, kissé elkeskenyedő sejtje volt. A kép felső szélén osztódó planococcusok találhatók. A »c« jelzésű trichoma sejtjeiben világos, vacuolum-szerű képletek láthatók. Az ilyen vakuolizáltság általában a sejtek-hyperfragmentum-szerű részecskékre való szétesését előzte meg. A »d« jelzéstől jobbra hyperfragmentum-szerű részecskékre széteső hormogóniumok láthatók. A jelzéstől kissé balra fent ezek az 1—2 mikronos testecskék 4—6-os csoportokban helyezkednek el. A kép jobboldalán a felső harmadban e részecskék halmozódása még mindig őrzi a valamikori rövid hormogónium körvonalait. A 22. sz. mikrofelvétel közepén néhánysejtes, lekerekedő hormogóniumok, két szélén pedig már típusos planococcus-sejtek láthatók. A 23. mikrofelvétel előregedőben lévő planococcus-sejteket szemléltet 1200-szoros nagyításban. Többségük osztódásban, vagy közvetlenül osztódás utáni állapotban van. A belsejükben látható világos, erősen fénytörő testecskék nem vakuolumok, hanem a leendő hyperfragmentum-szerű testecskék kezdeményei. Ezek száma az öregedő sejtekben mindinkább növekedik. Ha ezeket a sejteket keletkezésük ismerete vagy figyelembevétele nélkül »határozzuk« meg, feltétlenül tévedésbe esünk. Ezek ugyanis alak és méret szempontjából szinte csalódásig *Microcystis*-jellegűek, s mivel a *Microcystis*-telepek általában nagyon sokféle formát ölthetnek, e képződményt *Microcystis*-nek determináljuk.

Már említettem, hogy a *Spirulinához* hasonlóan az *Aphanizomenon*-nál is észleltem a trichomák planococcusokra történő szétesését. Ez a jelenség az egész *Hormogonales* kategóriájában észlelhető. Az *Oscillatoria*ak körében az *Oscillatoria tenuis*-nél találtam eddig leggyakoribbnak. A 25. mikrofelvétel az *Oscillatoria tenuis* rövid hormogóniumait és planococcusait mutatja be. A planococcusok között vannak még szögletesek (nyíl mutat rájuk a képen), de vannak már lekerekedett is (a—a). A 26. képen két rövid hormogónium mellett egy lekerekedett planococcus is található. A 24. mikrofelvétel erősen osztódó sejtekből felépített trichomákat szemléltet. A baloldali trichoma alsó részén egyes sejtek hosszúsága a széles-

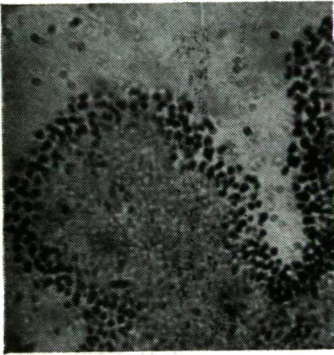
VI. tábla



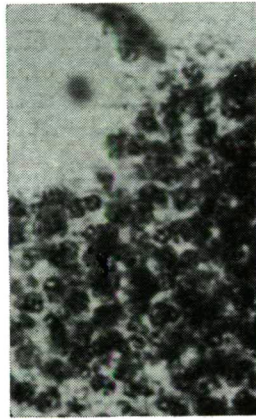
27



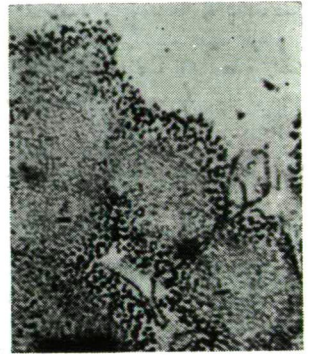
28



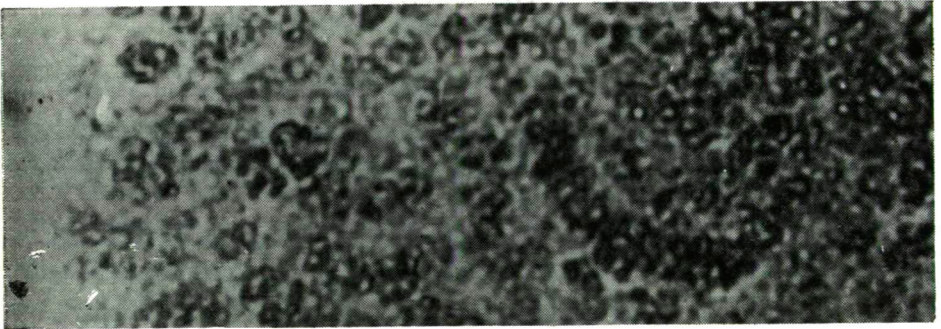
29



30



31



32

ségi méret 1/5-ét sem éri el. A szögletes planococcusok között egy igen rövid-sejtből lekerekedő is látható (a).

4. *Közönséges tárgylemezpreparátumokon végzett vizsgálatok.* Sima tárgylemezre kevés anyagot (légtér hagyása nélkül) fedőlemezzel az előbbi módon lezártam. Eredeti szűrt tenyésztet alkalmazva a trichomák szétesése 2—3 hónapon belül végbement. A VI. tábla 27. és 28. mikrofelvelelén látható, hogy a trichomák széteséséből keletkező *Microcystis*-jellegű halmazok peremén, vagy a halmazok közötti hézagokban; a sejtekre való szétesés még a sorbarendegettség állapotát mutatja. A 27. kép két halmaza közötti planococcus-sor még kétségtelenül trichoma-jellegű is. Az említett objektumnak ugyanis csak a felső szakasza tagolódott különálló sejtekre, az alsó részét még trichomában levő sejtek alkotják. A 28. kép jobb oldalán a halmazok közötti tágas hézagokban ugyancsak felbomlásban lévő trichomák kanyarognak. Ez utóbbiak egyes szakaszokon már különálló sejtekre estek szét.

A lezárástól számított 6—8 hónap múlva az előbbi preparátumokban sajátságos változások következtek be. A halmazokban már csak planococcusok fordulnak elő, azonban a planococcus-halmazok is megváltoztak. A VI. tábla 29. és 31. mikrofelvelelén egyaránt jól megfigyelhető, hogy a halmazok peremén — keskeny szegélyszerűen — sötét színű, azaz gáz-vakuolumokat még tartalmazó sejtek helyezkednek el. Ezzel szemben a halmazok belsejében a sejtek felbomlottak és kisebb-nagyobb granulumokkal teleszórva, világos sárgászöld tömeggé folytak össze. Ennek következtében a halmazok belsejében kiterjedt világos mezők láthatók. Ez a jelenség az összes preparátumban észlelhető volt, vagyis törvényszerű alapszám kell lennie. Ez a folyamat ugyancsak alátámasztja az előbbieken már említett feltételezésemet, azt, hogy a trichomák és a sejtek organizációjának felbomlása a kedvezőtlen aeráció és az anyagcseretermékeknek a közvetlen környezetben, illetve a plazmában való felhalmozódása következtében áll elő. A planococcus-halmazok peremi sejtjei még közvetlen kapcsolatban vannak a tenyésztet — amely anyagcseretermékekkel már csaknem telített lehet — s abba a káros bomlástermékeiket kiválaszthatják. A halmazok belseje ettől a lehetőségtől el van zárva, ezért az ott lévő planococcusokban az anyagcseretermékek felhalmozódnak, mire sejtes szerkezetüket feladják, s teljes vagy részleges autolysis következik be.

Élettani szempontból különös érdeklődésre tarthatna számot az a kérdés, hogy a felbomló sejtes szerkezet mely részei milyen működést fejtenek ki, élnek-e még, vagy csak bizonyos részfunkciók teljesítése közben fokozatosan elhaló plazmadarabok? Képes volna-e ez a hyperfragmentációval oly sok vonásban megegyező folyamat szaporodó és fejlődő részecskék létrehozására? Eddigi tapasztalataim szerint a *Spirulina* szétesésének eme végső plazmadarabkái fejlődési jelenségeket nem mutattak. Figyelembe kell azonban venni, hogy a *Spirulina*-trichomák fejlődésükhöz speciális igényeket támaszthatnak a környezetükkel szemben, miért is nem lehet

VI. Tábla

27—28. Sima tárgylemezen tartott tenyésztet szétesése 2—3 hónap alatt.

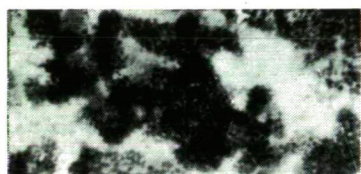
(4. sz. kísérlet). 220 : 1.

29., 31. Ugyanaz 6 hónap múlva A telep peremi sejtjei épek, belső sejtjei szétestek,

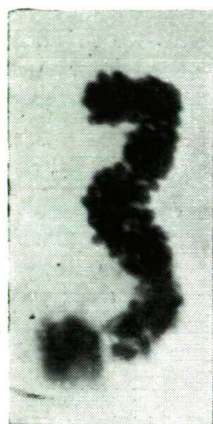
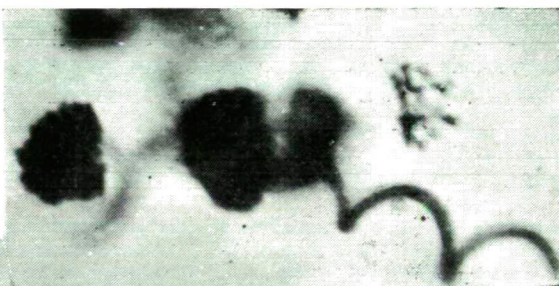
29. = 180 : 1, 31. = 110 : 1.

30. Planococcus-sejtek halmaza (a sejtek szétesése kezdetén). 480 : 1.

32. Planococcus-sejtek és hormogóniumok szétesése hyperfragmentum-szerű testecskékre. 900 : 1.



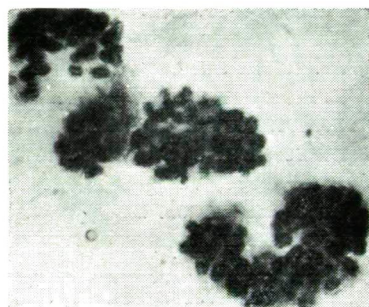
33



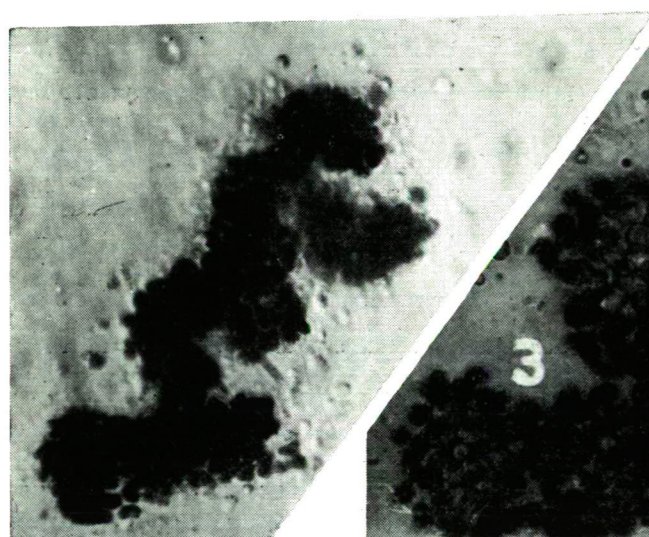
34



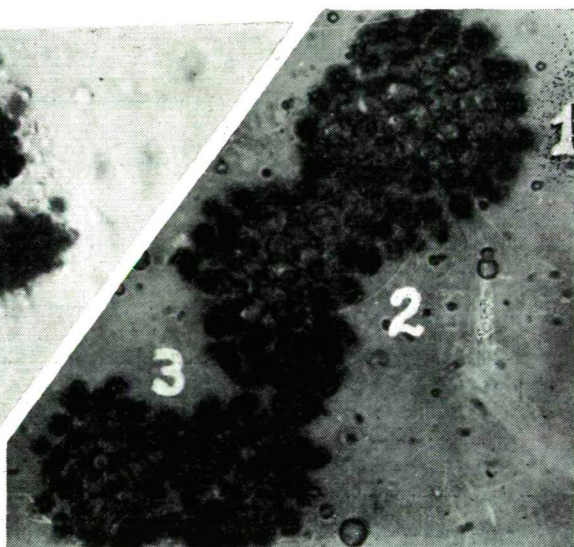
35



36



37



38

őket a szokásos tenyésztési műveletekkel fejlődésre bírni. Nem lehet azonban eleve állítani, hogy a trichomák fejlődésére kedvező körülmények között — amelyek ezideig ismeretlenek — az említett részecskék továbbra is fejlődésképtelenek maradnának. Több esetben tapasztaltam már, hogy a viszonylag könnyen kultúrázható *Oscillatoria* és egyéb *Cyanophyta* fajok hasonló parányi részecskéi további fejlődésre és szaporodásra képesek.

II. A *Microcystis* fajok biológiai realitása, a *Spirulina* és a *Microcystis*-jellegű telepek közötti származási kapcsolat kérdése

Az előbbieken figyelemmel kísértük azt a folyamatot, amelynek során a *Spirulina platensis* trichomái planococcus-sejtekre bomlanak és ez utóbbiak a *Microcystis* telepeikhez nagyon hasonló sejthalmazokba verődnek. Láttuk, hogy ezeket a sejthalmazokat a keletkezés folyamatának ismerete nélkül *Microcystis*nek lehetne determinálni. Felmerül a kérdés: Valóban reális genus-e taxonómiailag a *Microcystis*? E genus minden idők egyik legélesebb szemű-kutatója, KÜTZING állította fel 1833-ban.

Nincs tudomásom róla, hogy ezt a taxonómiailag eléggé jelentős kérdést azóta feltették volna. Ebben a fejezetben tényanyag alapján vizsgáljuk meg ezt a problémát. Hangsúlyozni kívánom, hogy nem tarthatok jogot a kérdés eldöntésére; csupán a figyelmet akarom felhívni az ily irányú vizsgálatok kiterjesztése érdekében.

Mindenekelőtt vizsgáljuk meg néhány irodalmi adat alapján, hogyan vélekednek a *Cyanophytonok* legjobb ismerői egyes *Microcystis* fajok taxonómiai bélyegeinek értékéről, illetve egyes fajaik létjogosultságáról. Huber—Pestalozzi [5] 1938-ban a genus iránt a következő nehézségeket támasztja: »Eine systematisch sehr schwierige Gattung, da die Abgrenzung gegenüber den Nachbargruppen *Aphanocapsa* und *Aphanothece* unscharf ist. Immerhin sind die reinen Typen, wie sie oben beschrieben sind, relativ gut charakterisierbar. Aber innerhalb der Gattung ist wiederum die Abgrenzung der Arten voneinander ebenso schwierig wie die Umgrenzung der Gattung überhaupt. »A fajokra vonatkozólag Geitler-től a következő megjegyzést veszi át: »Die Schwierigkeit liegt darin, das Merkmale, welche für eine Art charakteristisch sein sollen, auch als Stadien anderer Arten auftreten; auf diese Weise gibt es zahlreiche Übergänge und Zwischenformen.« Geitler már ebben az értelemben nyilatkozott 1925-ben is [1]. Ugyancsak ő említi, hogy Ostenfeld szerint a *Microcystis aeruginosa*, a *M. flos-aquae* és a *M. viridis* egymással azonosak. Mind Geitler, mind Huber—Pestalozzi fontosnak tartja megemlíteni, hogy Wesenberg—Lund olyan kolóniát is talált, amelynek egyik fele a *Microcystis aeruginosa*, másik fele pedig a *M. flos-aquae* jellemvonásait mutatta. Geitler és Huber—Pestalozzi véleménye is az, hogy e két faj egymással valószínűleg azonos. Huber—Pestalozzi még tovább megy [5]: még másik két faj létezését is tagadja. A következőket írja: »Auch in *M. scripta* und *M. ochracea* vermag ich keine besondere Spezies zu erblicken. Zellen 4,5—7 Mikron, selten bis 8 Mikron, mit Gasvacuolen. Die 'keilschriftförmigen' Kolonien stimmen mit solchen von *M. aeruginosa* überein.«

Eddig a legtekintélyesebb szerzők véleménye alapján öt *Microcystis* faj létét vonhatjuk kétségbe (*M. aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *M. viridis*, *M. scripta*, *M. ochracea*), illetve öt fajt egy fajjá vonhatunk össze. Ezzel azonban még nem fejezhető be a *Microcystis* fajok tagadásának sora. Crow 1923-ban Ceylonból egy hosszú, szalag-

VII. Tábla

33. Spirális alakú telepek csoportja. 60 : 1.

34., 36—37. Spirális *Microcystis*-jellegű telepek. 34. = 300 : 1, 36. = 360 : 1, 37. = 300 : 1.

35. »a«-nál csavarvonalban rendeződött planococcus-sejtek (gyaníthatólag a spirális telep-előállapota). 220 : 1.

38. Idősebb spirális telep. Belső sejtjei osztódnak. 480 : 1.

szerű teleppel rendelkező objektumot írt le, amelyet *M. pseudofilamentosa*-nak nevezett el. A hosszú telep helyenként befűződött, s így kisebb részkolóniákra tagolt. Egyéb (cytológiai) sajátosságai az előbbi objektumokéval megegyeznek, tehát megtartását csupán csak a telep alakja indokolná. Huber—Pestalozzi [5] azonban ezt a telepformát a *Microcystis aeruginosa*-nál is megtalálta, ezért a *M. pseudofilamentosa*-t sem fajnak, sem variációnak nem tartja meg a rendszerben. A következőket írja: »In neueren Untersuchungen an *M. aeruginosa* habe ich diese bandförmigen Kolonien, nicht selten gefunden. Sie unterscheiden sich in keiner Weise von den aus Ceylon beschriebenen. Die nesterweise Anordnung der Zellen (= Teilkolonien) ist keine Eigenart dieser sog. *M. pseudofilamentosa*; sie kommt auch bei ringförmigen und andersgeformten Kolonien vor.

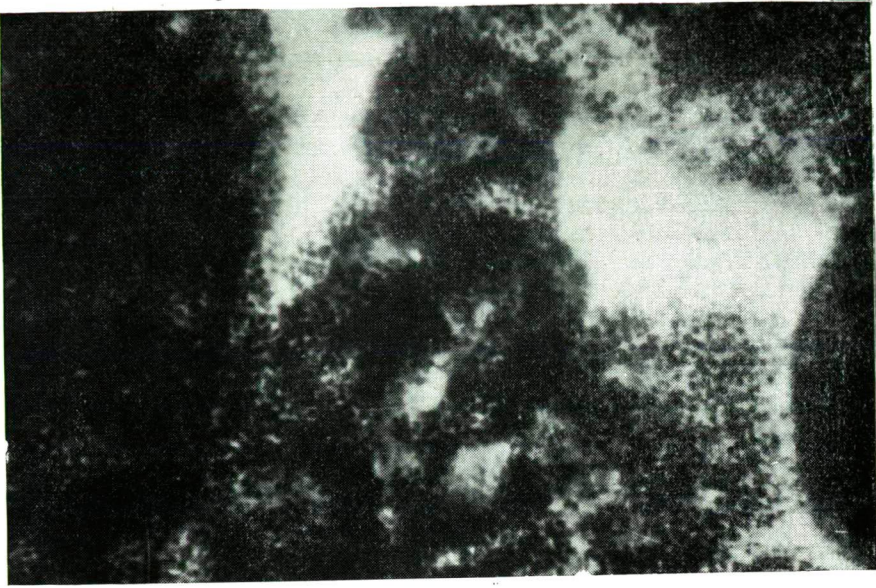
Nach meiner Ansicht besteht keine Notwendigkeit zur Aufstellung einer neuen Art auch nicht einer neuen Varietät. Es ist eine der vielen Kolonienformen, wie sie eben bei *M. aeruginosa* vorkommen. Wenn man sie noch als »fa. *pseudofilamentosa*« bezeichnen wollte, können man mit der gleichen Berechtigung von einer »fa. *anularis*«, fa. *semianularis*, *semilunata*, *biscottiiformis* usw. sprechen.«

HUBER—PESTALOZZINAK ez a véleménye nagy körületekintésről tanúskodik, a bizonytalan, nagyon variabilis morfológiai jegyek megítélésében, s eleve meggátolja, hogy ebben a nehezen kezelhető genusban a telep végtelen formagazdagsága alapján a fajok száma teljesen indokolatlanul szaporodjék. Véleményének befejező része szempontunkból rendkívül fontos, mivel — mint szisztematikus — a telep formagazdagságának problémáját az experimentális irányzat segítségével véli megoldhatónak: »Natürlich dürfte es sehr schwierig zu erklären sein, weshalb eine Kolonie sich nur bandartig entwickelt, eine andere netzförmig. Auch weiss man gar nicht, ob sich die Teilstücke einer zerfallenden bandförmigen Kolonien wieder zu Bändern entwickeln. Hier wäre experimentell noch sehr viel zu tun.«

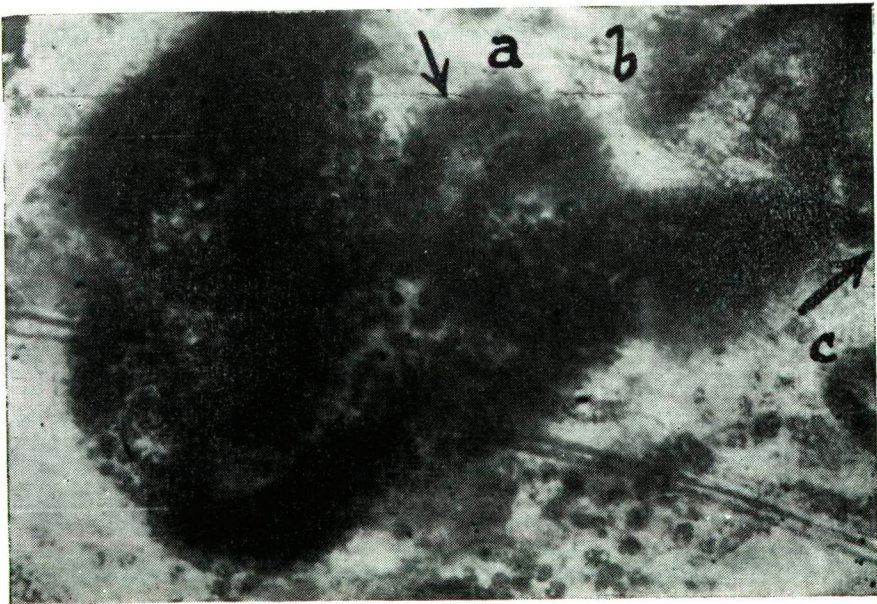
A telep alakjának roppant változatossága magyarázására is történtek kísérletek. Wesenberg—Lund 1904-ben végzett vizsgálatai szerint a telepek alakja évszakok szerint változik. A *Microcystis aeruginosa* és a *M. flos-aquae* esetében tapasztalta, hogy a tavasszal még hengeres vagy hurkaalakú telepek a nyári időszakban mindinkább laposodnak, rongy- vagy hálószerűvé, illetve üreges gömbalakúvá formálódhatnak, miközben részkolóniákká eshetnek szét. Ősszel a telepek barna vagy sárgásbarna színt öltenek, az egyes sejtek barnássárga »porszerű tömeggé« esnek szét, amelyeket gallertes burok vesz körül. A tél folyamán ez a tömeg valószínűleg az alzatra ülepedik és ott szételik. Wesenberg—Lund szerint másik eset is lehetséges. November—december folyamán a rongyszerű telepformák a nyáritól eltérően fejlődnek tovább. Nem hosszú, hanem rövidebb, tömöttebb telepformák jönnek létre.

Naumann (1925) szerint a kolónia alakja és a víz mozgása között összefüggés van. Nyugodt vízben nagy, áttört, hálószerű, mozgó vízben kicsiny, egyes kolóniák keletkeznek.

Saját vizsgálataimra rátérve mindenekelőtt meg kell említenem, hogy a *Microcystis*-ek, illetve *Microcystis*-jellegű objektumok telepe morfológiájában szinte kimeríthetetlen változatosságot tapasztaltam. A főtípusok száma is igen nagy; mintha csak a hópelyhek változatosságát tanulmányoznók. A telepek makromorfológiájában is változatosság észlelhető. Leggyakoribbak, különösen ősszel, a vízfelületen lebegő, jól körülhatárolt csomók, amelyek néha 1—2 cm átmérőjűek is lehetnek. Ezek szorosan összezáródva szinte bekérgezik a vízfelületet. A csendesebb helyeken néhány milliméteres összefüggő szövedék volt észlelhető. Voltak olyan időszakok is — főként nyáron —, amikor csak mikrotelepek alakultak ki. Ezek a víz profiljában durva zavarosság farmájában jelentkeztek, s a termöhe-



39



40

39. Hosszú spirális telepek összefonódva. 220 : 1.

40. Spirális telep, baloldala kialakult, jobboldalon a trichoma szétesőben van. 360 : 1.

lyen még 20—30 cm-es mélységben is jól észlelhető bioseston-színeződést okoztak. Ez esetekben a víz mélyéből szinte állandóan kis gázbuborékok pattogtak fel. (CH₄).

A telepek mikromorfológiáját illetően csupán arra szorítkozhatom, hogy a szempontunkból legjellegzetesebbek közül szemléltessék néhányat. Ezek javarészt az irodalomban sem találtam meg.

1. *Spirális telepek.* Nyáron, a durva zavarosságot okozó biosestonformában a leggyakoribbak. A VII. tábla 34. mikrofelvételén egy 3-as formájú kis telep látható. Csavarulat-jellege jól megfigyelhető volt. Ezt egyébként a telep alsó részének homályossága is bizonyítja, mivel ez jelentősen az optikai síkon kívül esett. A kép felső jobboldali részén szabálytalan telepek, egy *Spirulina*-trichomával. Látható, hogy a telep csavarulatának átmérője a *Spirulináéval* kb. megegyezik. A 36. mikrofelvételén két teljes csavarmenetet befutó spirális telepet szemléltethetünk. Láthatólag kezd darabokra szakadozni; részeit már csupán a jelentéktelen nyálkaburok tartja össze. A 37. mikrofényképen kb. három teljes csavarmenettel rendelkező telepet láthatunk. Ennek a felületén, illetve közvetlen környezetében vastagabb nyálkaburok található. Ebben sok apró beágyazott detritus-szemecskét láthatunk.

Eleinte feltétlenül a véletlen játékának tartottam ezeket a spirális telepeket. Gondosabb tanulmányozásuk azonban azt a gondolatot vetette fel, hogy ezek talán a *Spirulina* szétesési termékei, hiszen a *Microcystis*- és a *Spirulina* csavarulatok átmérője kb. egyező. A termőhelyi próbák gondos átvizsgálása alkalmával azután számos esetben találtam az előbbi *Microcystis*-spiráloknál korábbiak, illetve későbbinek gyanítható állapotokat. A 35. mikrofelvételén »a« részletnél egy fél csavarmenetet leíró, gyöngysorszerűen rendeződött sejtsort láthatunk. Aligha vitatható, hogy ez egy planococcus-sejtekre széteső *Spirulina* trichomadaráb. Alatta *Microcystis*-jellegű halmaz, amely ugyancsak planococcus-sejtekből áll. A kép felső részében szétszórt planococcus-sejtek, közöttük azonban egy már szétesett sejtsor nyomai rajzolódnak ki. Ez utóbbi a »b« jelöléstől lefelé jobbra tartva halad. Ezek az objektumok mindig *Microcystis*-jellegű telepekkel együtt fordultak elő.

A 38. mikrofelvétel a 34. és 36—37. felvételekén rögzített állapotoknál lényegesen későbbi fejlődési állapotot szemléltet. Itt két fontos tényrt kell kiemelnünk:

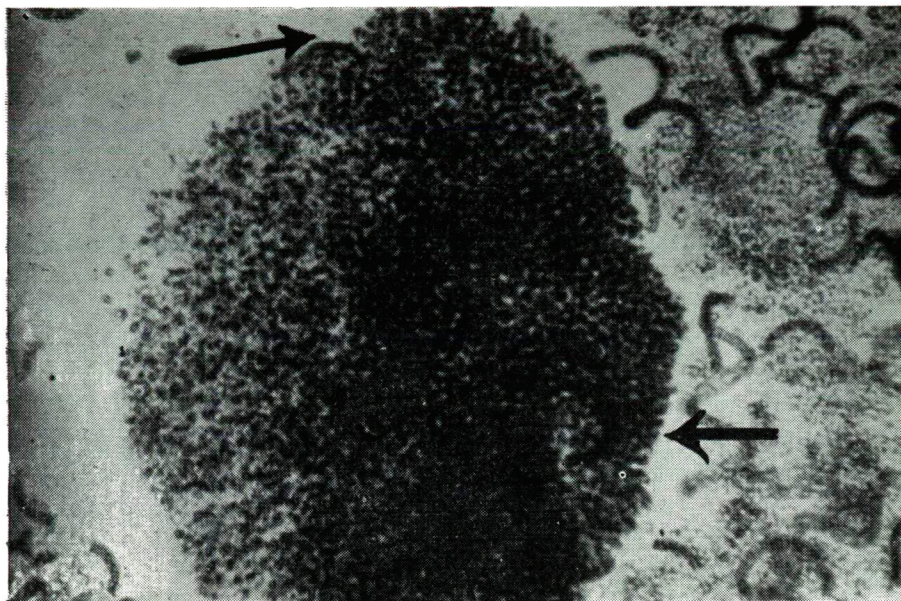
a) A telep csavarmenetes alkata még itt is felismerhető. Az 1—2—3. jelöléseknél a telep kiszélesedik, közöttük összeszűkül. A kiszélesedett részleteknél a sejtek élesebben látszanak, míg az összeszűkülő szakaszokon halványabbak a körvonalak, vagyis a megjelölt részletek az optikai síkban vannak, az utóbbiak pedig az optikai sík alatt helyezkednek el. Ez is csavarmenetes alkatra mutat.

b) Különösen az 1. és 2. jelöléseknél látható, hogy a peremi sejtek sötétebbek, a belsők világosabbak, azaz: a telep külső sejtjei még erősen gázvakuóulumosak, a belsők vakuóulumokat nem tartalmaznak. A gázvaku-

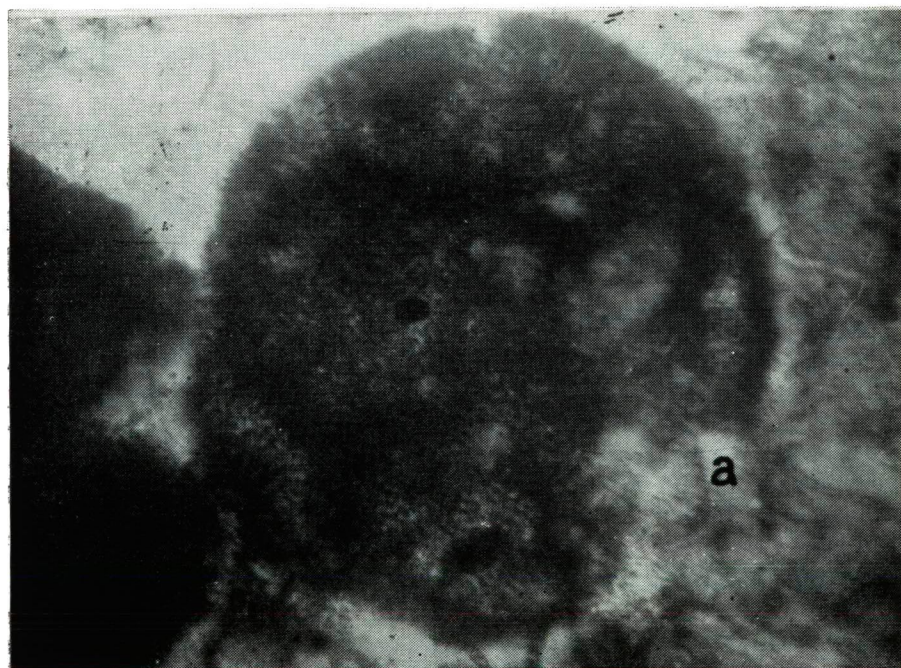
IX. Tábla

41. Lekerekedett *Microcystis*-jellegű telep, belsejében (nyíl) trichomával. 150 : 1.

42. Kanyargós lefutású részekből felépített telep. 150 : 1.



41



42

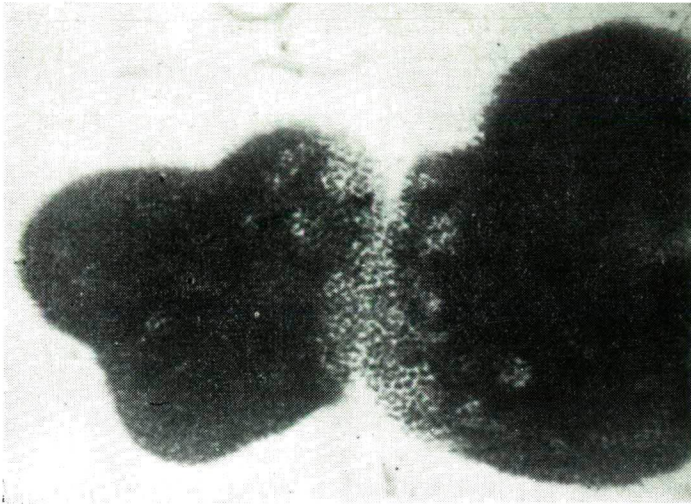
olumok megjelenése, mint HORTOBÁGYI [4] megállapítja, a sejtek öregedésének a jele. Ezt a saját tapasztalataim is alátámasztják. Jelen esetben ebből következik, hogy a külső sejtek idősebbek, a belsők fiatalabbak, vagyis a telep belsejében végbemenő osztódással jöttek létre. A telep belsejében végbemenő osztódás ott a sejtek tömött elhelyezkedését, a felületen pedig az ott lévő és korábban szorosan egymás mellett levő sejteknek egymástól való eltávolodását idézi elő. E belső osztódás miatt a korábban még keskenyebb telep mindinkább szélesedett. Ily módon az eredetileg csavarvonalas alkatú telepek elszélesednek és karcsú spirális termetüket elveszítik.

A 33. képen több spirális telep egymás mellett szorosan helyezkedik el. Az ennél még tömöttebb elhelyezkedés már hálószerű szerkezet eredménye. A telepek csavarvonalas lefutása itt is jól felismerhető.

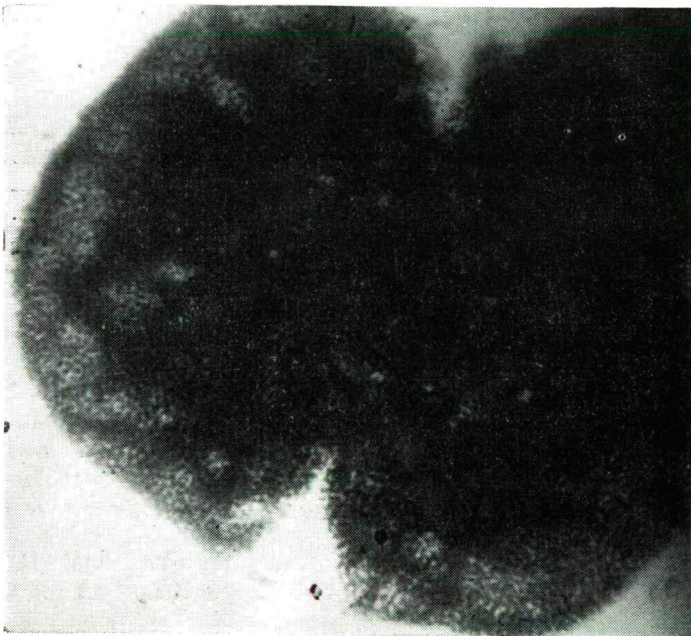
Az előbbi spirális telepek rövidek, legfeljebb két csavarmenetűek, viszont a *Spirulina* trichomái többnyire 3—5 csavarmenetűvé fejlődnek. Ilyen több csavarmenetből álló *Microcystis*-jellegű telepek is előfordultak a természetes biosestonban. A VIII. tábla 39. mikrofelvételén a feltűnően karcsú spirális telepek térbelisége nagyon szembeszökő. A csavarulatok összenyomóttak, menetemelkedési szögük kicsiny, mert a szomszédos nagy, gömbalakú telepek az egymás köré fonódott karcsú spirális telepeket összenyomják. A telepek csavarulatszélessége viszonylag nagy, 90—100 mikron, sejtjei az átlagnál viszont kisebbek, 4—5 mikron átmérőjűek.

A 40. mikrofelvétel szempontunkból rendkívül értékes tényeket szemléltet. A gomolyaggá deformálódott spirális telep spirálmenete heterogén felépítésű. Baloldali részén a csavarulatok szélesek, szalagszerűek, a sejtekre bomlottság jól felismerhető, jobboldali részén viszont a spirálak még feltűnően karcsúak, szinte trichoma-jellegűek. Így pl. az »a« jelzés alatt két spira trichoma-szerű. A felső spirálrész (nyíl mutat rá) már kezd sejtekre szétesni, az alatta lévő csavarulat-részleten ez még nem ismerhető fel. Valamelyik spirál-ág a kép jobboldali szélére (nyíl jelzi) még mint teljesen ép trichoma fut ki. A »b« és »c« jelzéseknél felbomlani készülő trichomák láthatók. Különösen a »b« trichomában sajátságos, két sorban álló, erősen fénytörő részecskék ismerhetők fel. Ezek az 1—2 mikronos testek a már különvált sejtekben is nagyon jellegzetesek. A sejtekben 2—3 ilyen testecske látható. Ezek a sejtek megegyeznek a VI. tábla 30. mikrofelvételén ábrázolt planococcus-sejtekkel, amelyek — mint láttuk — hyperfragmentációs-jellegű szétesésük kezdeti állapotában vannak. A kép jobb alsó felében szétszóródott sejtek felbomlása jól szemlélhető. A spirális *Microcystis*-jellegű telep tehát — amely természetes viszonyok között keletkezett — ugyancsak természetes, termőhelyi viszonyok között hasonló hyperfragmentációs-jellegű sejt szétesést mutat, mint amilyent a *Spirulina platensis* trichomáinál és planococcus-sejtjeinél laboratóriumi körülmények között észleltünk.

2. Gömb- vagy tojásalakú, illetve legömbölyödött telepek belső szerkezettel. Az irodalomban a gömbalakú, illetve legömbölyödött különálló telepek gyakran szerepelnek. Azonban mind a leírások, mind az illusztrációk a belső szerkezetet homogénnek tekintik, illetve nem hangsúlyozzák ki, hogy a telepeknek többnyire feltűnő belső felépítésük van. Szempon-



43



44

43—44. Keresztben álló kanyargós részekből összetett »rács-szerű« telep 180 : 1.

tunkból kihangsúlyozandó, hogy ezek a belső szerkezeti elemek térbeli lefutásúak, gyakran jól észlelhetően csavarvonalasak.

A IX. tábla 41. képe még egy homogén szerkezetűnek látszó telepet szemléltet. Feltűnő csak az, hogy jobb oldalán a sejtek sűrűbben helyezkednek el. A jobboldal alsó felében azonban — a jelzéssel egy magasságban — a telep szélétől nem messzire egy sötét rélkör látható, amely a *Spirulinának* egy trichoma-darabja. A kép felső szélén a jelzés ugyancsak egy hasonló objektumra mutat, amely a telep felületi rétegében van. Ez esetben még azt le lehetne mondani, hogy ezek a trichoma-darabok a környezetből kerültek volna be. Eldönteni nem lehet. Ezzel szemben a 42. mikrofelvételen ábrázolt szabályos gömbalakú telepet felépítő kanyargós, ívelt, spirális elemekről már semmi esetre sem lehet állítani, hogy azok a környezetből véletlenül bekerült trichoma-darabok lennének. Ezek már sejtekre estek szét, illetve kis sejtekből állanak. A környezetben hasonlóan szétesőben lévő *Spirulina*-trichomák láthatók. A telep alsó jobboldala nyitott. Itt egy trichoma — az »a« jelzésnél — már a telep részének tűnik, s a szétesés kezdetén van.

A X. tábla mindkét felvételén már kifejtett rács-szerű »átlyukadás« szemlélhető. Az ilyen objektumok különösen összettel léptek fel nagy tömegben. A rács-szerű felépítettséget avval lehetne magyarázni, hogy a telep felépítő ugyancsak jobbára spirális lefutási elemek keresztben helyezkednek el egymásra. A 43. kép szerint a két teleprész csak lazán kapcsolódik egymáshoz, ezzel szemben a 44. mikrofelvétel objektuma — egy *Cosmarium*hoz hasonló formájú rácszott telep — már erősen összekapcsolódott két félből áll.

3. Szabálytalan hálózatos felépítésű telepek. Rendszerint a csendes vízfelületek egynemű bevonatában gyakori. Nagy kiterjedésben — különösebb elhatároltság nélkül —, kanyargós, olykor felismerhetően spirális telep-elemek kúsza halmazából áll. Mintha a szövete szétrongyolódott volna. A XI. tábla 49. felvételén a kanyargós »rongyolt« elemek jól felismerhetők. Ez is rendszerint összettel lép fel nagy tömegekben.

4. Egyszerű átllyukadt telep. A tavaszi és nyári anyagban fordul elő leggyakrabban. A telepek a *Microcystis aeruginosa* típusos formáit képviselik. Jól körülhatároltak, gyűrű vagy nyeles gyűrű formájúak. A XI. tábla 45—46. mikrofelvételein az »a« jelzés gyűrűs, a »b« pedig nyeles gyűrűalakú telepeket mutat be. E képeken a többi egyszerű halmaz azonosítható a 47—48. mikrofelvételeken szemlélhető egyszerű felépítésű kicsiny telepekkel vagy telepcsoportokkal, amelyeket a régebbi elnevezés szerint a *M. flos-aquae* névvel illethetnénk. Ez azonban ma már felesleges, mert — mint láttuk, — azonosságuk GEITLER és HUBER—PESTALOZZI szerint valószínűsíthető. Ez utóbbi egyszerű kis telepformák is tavasszal vagy nyáron fordultak elő.

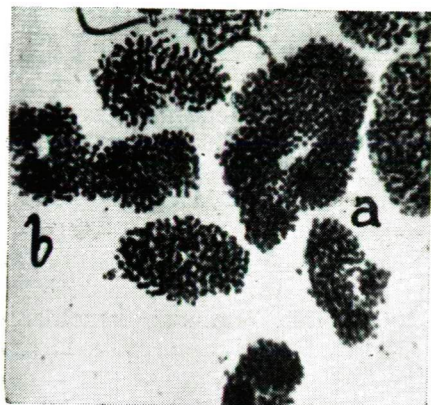
5. Formatartó telepek szétszórt sejt-halmazba való beágyazódása. Igen gyakori eset, hogy a bioseston különböző korú telepeket tartalmaz. Ha a

XI. Tábla

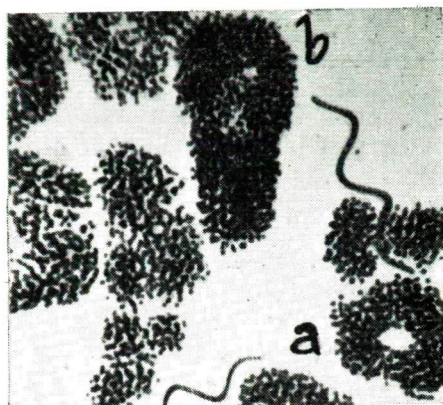
45—46. *Microcystis aeruginosa* típusos telepei (a = gyűrű, b = nyeles gyűrű). 120 : 1.

47—48. *Microcystis flos-aquae* jellegű telepek. 360 : 1.

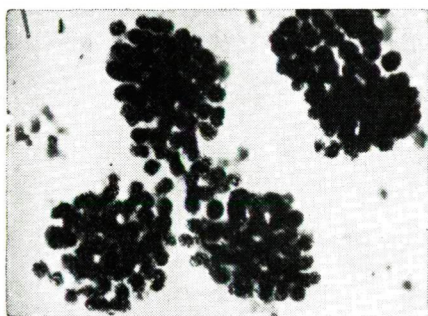
49. Hálózatos telep. 180 : 1.



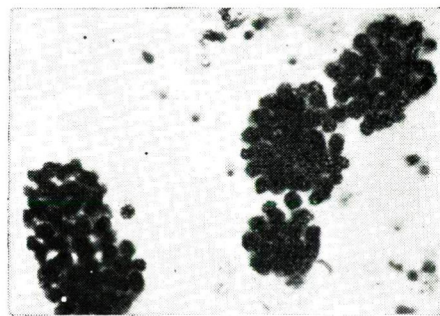
45



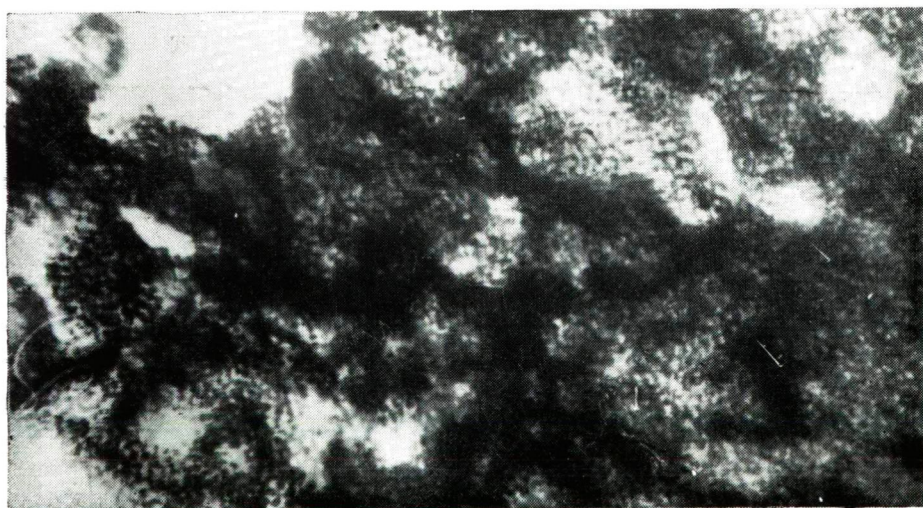
46



47



48



49

körülönbség jelentős, akkor ez a szerkezetben is megmutatkozik. Az idősebb telepek deformálódnak, szétfolynak, illetve összefolyó sejthalmazokat alkotnak, amelyekbe vagy amelyek közé fiatalabb, formatartóbb telepek ágyazódhatnak be.

A XII. tábla 50. mikrofelvételén jól szemlélhető, hogy a centrumban egy fiatal, típusos, kettősen áttört gyűrűs teleppel rendelkező *Microcystis aeruginosa* helyezkedik el. Körülötte laza, alakatlan sejthalmazok, amelyek e telepet maguk közé zárják. E jelenség főként nyáron volt gyakori.

Az előbbi rövid felsorolásból látható, hogy a *Microcystis*-telep morfológiai viszonyainak túlértékelése révén a fajok számát milyen nagy mértékben lehetne emelni.

Az eredmények megvitatása. Magam úgy látom, hogy az előbbieken felsorakoztatott tényanyag alapján a kétségtelenül »nehezen kezelhető« *Microcystis* genus még problematikusabbá vált. Vizsgálataimból a következő tények adódtak:

a) A *Spirulina platensis* trichomái kedvezőtlen körülmények között egysejtű hormogóniumokra, planococcus-sejtekre bomlanak, mely utóbbiak a meglévő vagy közben tovább képződő nyálkába záródnak, s keletkezésük ismerete nélkül a *Microcystis aeruginosa* telepeivel könnyen összevethetők.

b) A biotopban a *Spirulinával* egyidőben kétségtelenül típusos *Microcystis aeruginosa* telepek is megjelentek. Azonban még jelentősebb tömegben szerepeltek az ún. *Microcystis*-jellegű telepek, amelyek gyaníthatólag a *Spirulina*-trichomák planococcus-sejtekké való felbomlása révén jöhetnek létre. Ilyen jelek a következők:

1. Szabályos csavaralakú telepek gyakorisága (34—40. mikrofelvétel),

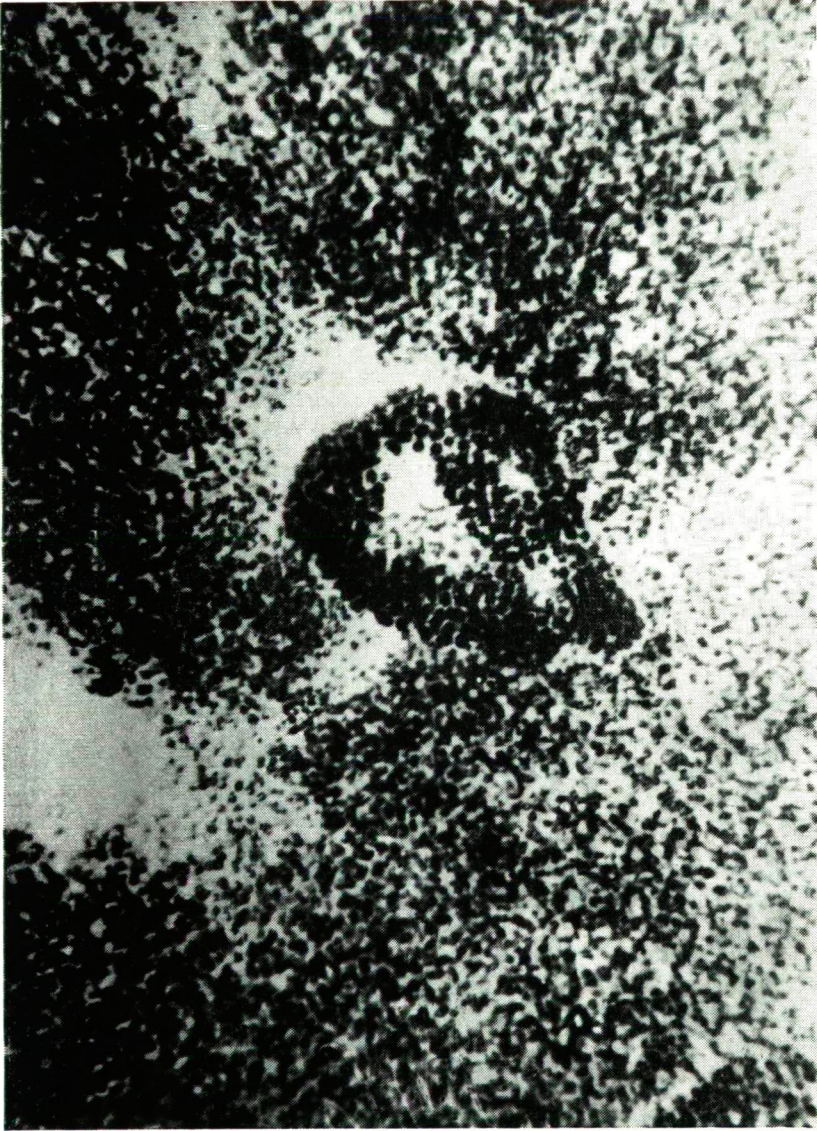
2. Átmenet egyazon telepben a *Microcystis*-jellegű sejthalmaz és a planococcusokká széteső trichoma között (40. kép),

3. A *Spirulina* trichomák széteséséből származó planococcus-sejtek továbbra is csavarvonalas sort alkotnak (35. kép). Ez feltételezhetőleg a csavarvonalas *Microcystis*-jellegű telep előállapota,

4. A spirális telep belső sejtjei osztódnak, miáltal az eredeti telep alakja erősen módosul (38. mikrofelvétel). Ez a spirális telep későbbi állapotként tételezhető fel,

5. A *Microcystis*-jellegű telepek nem homogén szerkezetűek, hanem zegzugos, gyakran jól felismerhető csavarvonal-alakú teleprészekből állanak.

Mindezek alapján felvethető az a gondolat, hogy az itt szereplő *Microcystis*-telepek nem egy külön genus objektumai, hanem a *Spirulina platensis* planococcus-sejtjeiből összeverődött halmazok, vagyis a *Spirulina* életében csupán csak egy állapotot jelentenek. Észleltük az *Aphanizomenon* planococcusokra való szétesését is, s így feltételezhető, hogy nemcsak a *Spirulina* és az *Aphanizomenon*, hanem más *Hormogonales* genusok fajai is képesek ily nagymérvű planococcus-képzésre, illetve sejthalmazok létrehozására. Erre enged következtetni az *Oscillatoria* planococcus-képzése is (24—26. mikrofelvétel), valamint az, hogy a planococcusok további osztódással a planococcus-állapotot képesek fenntartani. Így a planococcusból



50

50. Kettősen áttört *M. aeruginosa* telep lazább halmazok között. 220 : 1.

kialakult *Microcystis*-jellegű telep nem okvetlenül függvénye — legalábbis bizonyos ideig — az illető *Hormogonales* trichomás megjelenésének.

Természetesen mindez csak feltételezés. A kétségtelen bizonyíték az volna, ha a *Microcystis*-jellegű telep egy sejtjéből sikerülne a *Hormogonales* trichomát felnevelni. Sajnos, mind a *Microcystis*-jellegű sejtek, mind a *planococcus*-sejtek kultúrázása mindeddig sikertelen maradt. Hogy az előbbieken ismertetett feltételezést eddig nem vetették fel, talán arra vezethető vissza, hogy a nagymérvű *planococcus*-képzést ez ideig még nem észlelték.

A növényi mikroszervezetek egyes életszakaszait, állapotváltozásait, a környezet hatására bekövetkező módosulásait feltáró vizsgálatok a rendszerezés szempontjából igen nagy jelentőséggel bírnak. Ez a *Microcystis*re különösen két szempontból vonatkozik:

1. A *Microcystis*-fajok nagyon ingatag létűek. Erre mutat a fajok számában mutatkozó bizonytalanság, illetve időnkénti nagy változás. Geitler [1] 1925-ben még 21 fajt sorol fel, Huber—Pestalozzi [5] könyvében pedig már csak 14 található, mert a Geitler által felsorolt fajok közül kilencet elhagy, két újabbat leírtat pedig felvesz. Az elhagyottak részben rendszertani értékkel nem rendelkező telepfelepítés-beli módosulások (*M. pseudofilamentosa*, *M. scripta*), részben a trópusokról leírt elégtelen jellemzésű és illusztrálatlan objektumok (Ceylonból a *M. protocystis*), részben pedig hanyatló élettani állapotban lévő formák. Ilyenek pl. a *M. pallida* halvány kékeszöld és a *M. fusco-lutea* sárga sejt színével. A sárga szín a *Cyanophyton*oknál levégőtelen környezetben tartva könnyen kiváltható. A klorofill elbomlik, a karotinoidok visszamaradnak. Ha mindehhez még hozzávesszük azt, hogy a *M. viridis* és a *M. flos-aquae* valószínűleg a *M. aeruginosa*val azonosítható, úgy a fajok száma csaknem a felére csökkent. A megmaradtak egy része pedig még kevésbé megvizsgált faj, így számuk csökkenése a jövőben is várható.

2. Éppen a *Microcystis* genus keretében valószínűsíthető, hogy egy faj keretébe még egy másik genus képviselőjét is besorolták. A *Microcystis pulvereae*ről az volt a vélemény, hogy mind lebegő, mind rögzített életmódra képes. Geitler [1] 1925-ben evvel kapcsolatban a következőket mondja: »Zumindest ein Teil der festsitzenden. *Microcystis*-artigen und meist als *M. pulvereae* bestimmten Formen ist mit *Chlorogloea microcystoides* identisch. Die Planktonformen sind dagegen typische Vertreter der Gattung *Microcystis*.« A nevezett faj kétféle életmódra való képessége valószínűtlenségét — Geitlerre hivatkozva — később Huber—Pestalozzi [5] is hangoztatja.

A növényi mikroszervezetek fajainak ökológiai és experimentációs vizsgálatával gyakran szemben áll a merev szisztematikai irány. WESENBERG—LUND és NAUMANN ökológiai irányzata, GEITLER és HUBER—PESTALOZZI természetes alapokon nyugvó szilárd kritikája ezt a merev irányzatot a *Microcystis* keretében nem engedték érvényesülni. Saját vizsgálataimat is a valóság megismerésére való törekvés vezette. A további vizsgálatok dönthetik csak el, hogy a *Microcystis*-jellegű telepek és a *Spirulina platensis* között, illetve a *Microcystis* fajok és a *Hormogonales* egyéb képviselőinek *planococcus*-képzése között van-e reális összefüggés. Mindenestre az kétségtelennek tekinthető, hogy a *Spirulina platensis* időnkénti nagymérvű *planococcus*-képzése olyan sejtthalmazokat eredményezhet, amelyek kevésbé kerületekintő vizsgálat esetén tévesen *Microcystis*nek determinálhatók.

IRODALOM

- [1] Geitler, L.: Cyanophyceae, in Pascher's Süßwasserflora, XII. pp. 481, Jena 1925
[2] Geitler, L.: Cyanophyceae (Blaualgae), in Rabenhorst's Kryptogamenflora, XIV, pp. 1196, Leipzig 1930—32.

- [3] Fjerdingstad, E.: A case of Microcystis water colouring in winter, Oikos 3. p. 243—248., 1951.
- [4] Hortobágyi, T.: A gázvakuolumok szerepe a Cyanophyceae rendszerezésében, Bot. Közl., XLVI., p. 25—29., 1955.
- [5] Huber—Pestalozzi, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers, in Thienemann's Binnengewässer, XVI. pp. 342, Stuttgart 1938.
- [6] Voronyihin, N. N.: O polimorfizme *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl. v szvjazi sz voproszom o vide u szinezelenih vodoroszlej, Szovjetszkaja Botanika 4. p. 239—246., 1936.

О ПРОБЛЕМЕ МНОЖЕСТВ-ПЛАНОКОККОВ И СОСТОЯНИЯ ХАРАКТЕРА МИКРОЦИСТА SPIRULINA PLATENSIS

И. Киши

С проведенными около 15 лет тому назад наблюдениями и непрерывными изучениями последних 8 лет автор установил, что трихомы *Spirulina platensis* в неблагоприятных условиях (плохая аэрация, накопление продуктов обмена веществ) раздробляются. Способы раздробления: а) Образование стойких клеток (рис. 8—9.); б) Образование гормогонии (рис. 2—5. и 7.); в) Образование клеток-планоккокков (рис. 10—31.); г) Распад клетки на тела формы гиперфрагмента (рис. 32.). Планоккокки иногда накапливаются в большие множества и образуют подобные Микроцисту «поселения». Автор насчет последнего наблюдал следующие:

1. Массовое образование планоккокков в условиях и прииска, и лаборатория появилось в массе тесно стягивавшихся (попеек схватывающихся), вынужденных к косности трихом (рис. 10, 16, 18). Они образуются или эндогенным, или экзогенным образом; последний образ является более частым. Культивирование *Spirulina* не удалось, а распад трихом успешно вызывали. метном диоптре с оставлением воздушного пузырька, так как тогда случаи распада планоккокков были фотогеничными. На рис. 19. и 23. мы видим состоящие из распадающихся клеток множества планоккокков, которые без знания их образования легко смешивать с поселениям Микроциста.

3. Образование клеток-планоккокков иногда наблюдали и у *Aphanizomenon* и *Oscillatoria tenuis*.

4. В культивированиях, проведенных на гладких предметных диоптрах без оставления воздушного пузырька, трихомы распадали в течении 2—3 месяцев. Рис. 27—28: между множествами мы видим измельчающиеся трихомы. Рис. 29—31: через 6—8 месяцев прежние множества значительно переобразовались. На краю поселения клетки оставались, а внутри поселения распадали на гранулумные массы (светлое поле).

5. В биотопах кроме *Spirulina platensis* были массообразующими и *Microcystis aeruginosa* и *M. flos-aquae* между поселениями Микроциста и множествами планоккокков часто почти не были разницы.

6. Кроме простых кольцевых (рис. 47—48) и штанговых кольцевых (рис. 45—46) поселений *Microcystis aeruginosa* и *M. flos-aquae* преобладали такие поселения характера Микроциста, которые внушали мысль, что эти объекты не являются представителями отдельного рода, а сгруженные из клеток-планоккокков *Spirulina platensis* множества, то есть они обозначают в жизни *Spirulina* только одно состояние. Этот домысел может относиться и к другим, таким родам *Hormogonales*, которые рожают клетки планоккокков тоже в большом масштабе. Этот домысел доказывается только тогда, если из одной клетки поселения характера Микроциста можно было бы извлекать и трихомную форму. Жаль, что культивирование этих клеток не удалось.

Дальнейшее изучение этого домысла оправдывается следующими условиями:

а) Поселения спиральной формы встречаются очень часто. Они приблизительно одного размера *Spirulina* (рис. 33—40). Предыдущим состоянием поселения, изображаемого на рис. 34, 36—37. мы можем предполагать ряд клеток-планоккокков, изображаемый на на рис. 35 («а»); у отрывка «б» мы видим расстроенный ряд клеток. Рис. 38 показывает последующее состояние. Внутри этого спирального поселения клетки раздробляются, не содержит газового вакуола, а крайние клетки вакуолизированные (более темные). Рис. 39 показывает поселения длинной спиральной-формы.

На рис. 40 уже оформлена левая сторона поселения, на правой стороне происходит распад трихомы. У отрывка «а» стрела указывает на раздвояющуюся трихому, под ней трихома еще цела. У отрывка «с» и у правой стрелы находятся еще целые трихомы.

б) Структуры круглых поселений не одинаковы; они часто являются составными из частей спирального поселения. На рис. 41 стрелы указывают на часть трихомы. В поселении на рис. 42 мы видим спиральные части. Рис. 43—44: извилистые внутренние части поселения бегут поперек, так производится решетчатая структура.

в) Внутри неправильных сетчатых поселений (рис. 49): мы можем узнавать тоже извилистые или спиральные элементы. В структуре продырявленных (рис. 45—46) и doubly сквозных поселений (рис 50) мы не можем наблюдать спирального характера.

Дальнейшие изучения могут решать вопрос, что между поселениями характера *Микроциста* и *Spirulina platensis*, или между другими родами *Hormogonales* и родами *Микроциста* есть ли реальная связь. Нет сомнений в том, что периодическое массовое образование планококков *Spirulina platensis* может иметь результатом такие множества клеток, которые при неосмотрительном изучении могут ошибочно детерминироваться *Микроцистом*.

ÜBER DIE PLANOCOCCUS-HAUFEN DER SPIRULINA PLATENSIS UND DIE FRAGE DES MICROCYSTIS-ÄHNLICHEN ZUSTANDES

von
I. KISS

Im Laufe der vor 15 Jahren gemachten Beobachtungen und der in den letzten 8 Jahren durchgeführten Untersuchungen stellte der Verfasser fest, dass die Trichome der *Spirulina platensis* bei ungünstigen Verhältnissen (schlechte Aeration, Anhäufung von Stoffwechselprodukten) zerfallen. Es geschieht: a) Bildung von Dauersporen = Abb. 8—9.; b) Hormogonium-Bildung = Abb. 2—5, resp. 7; c) Bildung von Planococcuszellen = Abb. 10—31; d) Zerfallen in Hyperfragmentum-ähnliche Körper = Abb. 32. Die Planococcuszellen häufen sich manchmal an und bilden Microcystis-ähnliche »Kolonien«. Der Verfasser hat diesbezüglich folgendes beobachtet:

1. Die massenhafte Planococcus-Bildung ist in der Natur, sowie auch im Laboratorium in den Massen der dicht zusammengedrängten (über Kreuz in einander verwickelten), zum Stagnieren verurteilten Trichome aufgetreten. (Abb. 10, 16, 18.) Sie entwickeln sich entweder auf endogene (Abb. 10) oder exogene Weise (Abb. 11—18); letztere ist häufiger. Die Züchtung von *Spirulina* ist nicht gelungen, das Zerfallen der Trichome konnte hervorgerufen werden.

2. Die auf ausgehöhlten Objekten gemachten Experimente, bei welchen die Kultur mit einer Luftblase eingestellt war, waren die wichtigsten, weil in diesen Fällen das Zerfallen in Planococceen photographiert werden konnte. Auf den Abbildungen 19 und 23 sind aus in Teilung begriffenen Zellen bestehende Planococcus-Haufen zu sehen, welche man in Unkenntnis der Entstehungsweise leicht mit den Kolonien von *Microcystis* verwechseln könnte.

3. Bildung von Planococcuszellen war manchmal auch bei *Aphanizomenon* und *Oscillatoria tenuis* (Abb. 24—26) zu beobachten.

4. Auf glatten Objektträgern, in ohne Luftblase eingestellten Kulturen zerfielen die Trichome binnen 2—3 Monaten. Abb. 27—28: zwischen den Anhäufungen sind im Zerfallen begriffene Trichome zu sehen. Abb. 29 und 31: nach 6—8 Monaten hatten sich die früheren Haufen sehr verändert. Am Rande der Kolonie sind die Zellen erhalten geblieben; mit Gasvakuolen (dunkle Farbe am Rande), im Innern der Kolonien sind sie zu granulösen Massen zerfallen (lichtes Feld).

5. In den Biotopen war neben *Spirulina platensis* auch *Microcystis aeruginosa* und *M. flos-aquae* in grossen Mengen vorhanden; zwischen den Kolonien von *Microcystis* und den Planococcus-Anhäufungen konnte man oft kaum einen Unterschied bemerken.

6. Neben den einfach ringförmigen (Abb. 47—48) und den gestieltringförmigen (Abb. 45, 46) Kolonien von *Microcystis aeruginosa* und *M. flos-aquae* waren hauptsächlich solche *Microcystis*-ähnliche Kolonien in der Mehrzahl, welche den Gedanken aufkommen liessen, dass diese Objekte nicht Vertreter eines separaten Genus

sind, sondern aus Planococcuszellen der *Spirulina platensis* entstandene Anhäufungen, d. h. dass sie bloss einen Zustand im Leben der *Spirulina* bedeuten. Dieser Verdacht kann sich auch auf andere *Hormogonales*-Arten beziehen, welche ebenso in grossen Massen Planococcuszellen hervorbringen. Dies könnte man nur so beweisen, wenn aus einer Zelle der *Microcystis*-ähnlichen Kolonie eine Form mit Trichom hervorgebracht werden könnte. Dies ist aber leider bisher in den Kulturen dieser Zellen noch nicht gelungen.

Für die weitere Untersuchung dieser Idee sprechen auch folgende Umstände:

a) Die spiralförmigen Kolonien sind sehr häufig. Die Masse entsprechen den Massen der *Spirulina* (Abb. 33–40). Von den auf der Abbildung 35 befindlichen spiralen Planococcus Zellreihen (»a«) kann vorausgesetzt werden, dass sie einen Vorzustand der auf Abb. 34, 36–37 abgebildeten Kolonien bilden; Im Teile »b« sieht man eine zerstörte Zellreihe. Die Abb. 38 zeigt einen späteren Zustand. Im Innern dieser gedrungenen spiralen Kolonie teilen sich die Zellen, es sind keine Gasvakuolen vorhanden; die Randzellen dagegen sind vakuolisiert (dunkler). Abb. 39 zeigt ausgezogen spiralförmige Kolonien. Auf Abb. 40 ist die linke Seite der Kolonie schon entwickelt, auf der rechten Seite ist das Zerfallen des Trichoms im Gange. Im »a« Teil zeigt ein Pfeil auf ein zerfallendes Trichom, darunter ist das Trichom noch ganz. Im »c« Teil und bei dem Pfeil rechts sind noch unversehrte Trichome.

b) Die Struktur der kugeligen Kolonien ist nicht gleichartig; häufig sind sie aus spiralen Kolonieteilen zusammengesetzt. Auf Abb. 41 zeigen die Pfeile auf Trichom-Teile. In der Kolonie der Abb. 42 waren schraubenlinige Teile zu sehen. Abb. 43–44: die geschlängelten inneren Kolonieteile laufen quer übereinander, so entsteht eine netzartige Struktur.

c) Im Innern der unregelmässigen netzartigen Kolonien (Abb. 49) kann man auch die geschlängelten oder spiralen Elemente erkennen. Im Aufbau der durchlöcherten (Abb. 45–46) und doppelt durchbrochenen Kolonien (Abb. 50) ist der spirale Charakter nicht zu bemerken.

Weitere Untersuchungen können erst feststellen, ob zwischen den *Microcystis*-ähnlichen Kolonien und *Spirulina platensis*, resp. anderen Arten der *Hormogonales* und den *Microcystis*-Arten ein realer Zusammenhang besteht. Es ist zweifellos, dass die zeitweise grosse Planococcus-Bildung von *Spirulina platensis* solche Zellanhäufungen hervorbringen kann, welche bei einer weniger umsichtigen Untersuchung als *Microcystis* determiniert werden können.